

**AQUA 86**



# AQUA 86

## VESIALAN YLEISÖNÄYTTELY

### **Näyttelyn neuvottelukunta**

puheenjohtaja pääjohtaja Simo Jaatinen  
Neuvottelukuntaan kuuluu  
58 vesialalla toimivaa tahoa.

### **Näyttelytoimikunta**

puheenjohtaja dosentti Per-Edvin Persson  
jäsenet DI Lasse K. Kivekäs  
FT Esko Kuusisto  
DI Pertti Laine  
dosentti Hannu Lehtonen  
MMK Hannele Nyroos  
arkkitehti Maisa Siirala  
MMT Jyrki Wartiovaara

### **Taloustoimikunta**

puheenjohtaja pääjohtaja Simo Jaatinen  
jäsenet varatoimitusjohtaja Niilo Kurvinen  
DI Heino Leskelä  
kansleri Ernst Palmén  
dosentti Per-Edvin Persson  
toimitusjohtaja Seppo Priha

### **Tiedotustoimikunta**

puheenjohtaja DI Lasse K. Kivekäs  
jäsenet tiedotussihteeri Timo Asanti  
tiedotuspäällikkö Siv Dahlin-Jansson  
toimittaja Seppo Määttänen  
tiedotussihteeri Ilkka Peräsalo

### **Näyttelyarkkitehdit**

arkkitehti Maisa Siirala  
arkkitehti Jarmo Väänänen

### **Näyttelypäällikkö**

1.1.—28.2.1985 MMyo Kim Dahlbo  
1.3.1985 alkaen MMK Kati Tyystjärvi  
Näyttelysihteeri Pii Siirala

### **Näyttelyä ovat tukeneet**

Suomen Akatemia  
Maj ja Tor Nesslingin Säätiö  
Suomen Kulttuurirahasto  
Tiedekeskussäätiö  
Kemira Oy  
YIT OY

### **Aloitteen näyttelystä tekivät**

Suomen Limnologinen Yhdistys—Limnologiska  
Föreningen i Finland ry.  
Vesiyhdistys ry.

Näyttelyn oppaina on opiskelijoita Helsingin  
yliopistosta ja Teknillisestä Korkeakoulusta.

# AQUA 86

VEDESTÄ  
VESISTÖTUTKIMUKSEEN



© AQUA 86-Näyttelytoimikunta 1986

AQUA 86-kirjan toimitus:  
toimituskunta  
puheenjohtaja dos. Per-Edvin Persson  
MMK Helena Ahola  
MMyo Kim Dahlbo  
MMK Kati Tyystjärvi  
Toimittaneet Kati Tyystjärvi ja Helena Ahola  
Paino: Painorauma Ky  
Piirroukset ja taitto: Extrem Oy

#### Korjauslehti

AQUA 86- julkaisun sivut 60-62 "VESISTÖJEN SÄÄNNÖSTELY ENNEN -  
NYT - TULEVAISUUDESSA" Lasse K. Kivekäs (korjaukset alleviivattu)

sivu 60:

- Sivun viimeisen kappaleen ensimmäisen virkkeen perästä (ennen sanaa "Voimalouostulosta") on jäänyt pois lause: Eri tavoitteiden yhteensovittamista on vuosisäännöstelyssä yleensä suoritettu kuten tässä esimerkissäkin.

sivu 61:

- Vedenpinnan korkeuslukemat ovat Oulujärven piirroksessa väärät. Alarajan korkeuden tulee olla 120,5 , tätä ylempi luku 121,0 , kahden välin päässä 122,0 ja ylin kuten kuvassa 123,0. Kuvan alatekstinä tulee olla: Oulujärven keskimääräinen vedenpinnankorkeus luonnonmukaisena ja säännösteltynä ja säännöstelyraajat, sekä luonnonmukainen ja säännöstelty virtaama (lakso 1966-75).

- Vedenpinnan korkeudet ovat Kemijärven piirroksessa väärät. Alimman rajan korkeuden tulee olla 142,0 , seuraavan lukeman 143,0 jne., ylärajan korkeuden 149,0 ja ylimmän lukeman 150,0. Teksti säänn. yläraja on kuvassa väärässä paikassa ja näyttää nyt esittävän katkoviivakäyrää, jossa tulee olla teksti: sään. keskiarvo.

sivu 62:

- Sadantapiirroksen tekstin tulee kuulua: Sadantamäärien vaihtelu kuukausittain erilaisina vesivuosina.



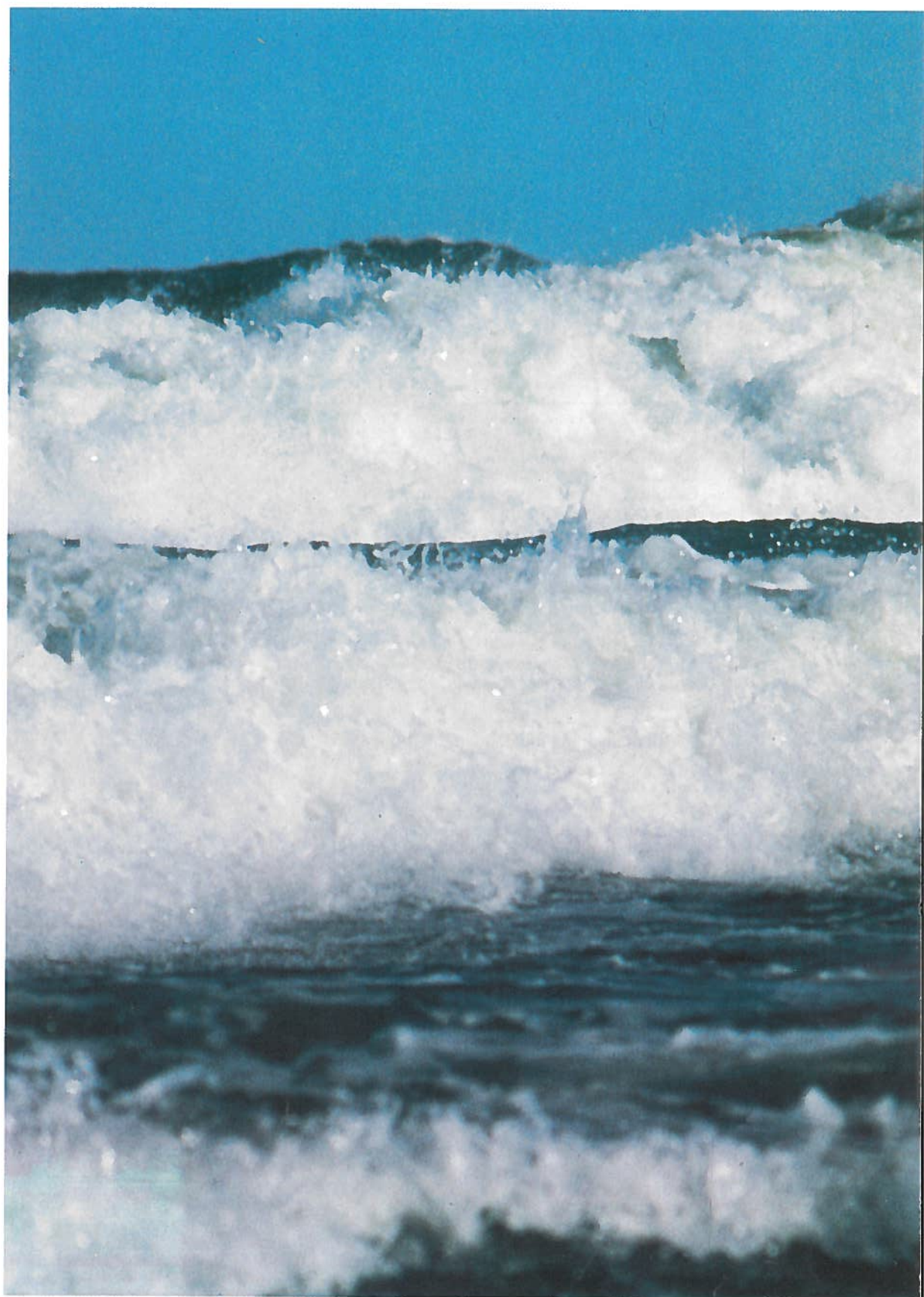
# SISÄLLYSLUETTELO

## VEDESTÄ


Anto Leikola: Monitahoista vesitutkimusta Turun vanhassa akatemiassa	7
Raimo Keskinen: Vesi — tavallinen tavaton aine	10
Erik Spring: Vesi vanhin voitehista	12
Juhani Jänne: Vesi elävässä solussa	13
Simo Jaatinen: Suomen vesivarat	14
Esko Kuusisto: Miten vesi Suomessa kiertää?	17
Risto Lemmelä: Maapallon vesivarat ja niiden käyttö	18
Jouko Sarvala: Vesistö ekosysteeminä	20
Tore Lindholm: Sekä eläin että kasvi — Mesodinium rubrum	22
Heikki Simola: Pohjassa piilee menneisyys	24
Timo Kairesalo: Rantavyöhyke — järven vilja-aitta	26
Heikki Toivonen ja Pertti Uotila: Järviruoko hyötykäyttöön	28
Lauri Koli: Suomen kalasto	30
Hannu Lehtonen: Tunnetko mudun, sorvan ja toutaimen?	30
Mikael Hildén: Kalantuotanto ja kalastus	33
Eero Helle: Kuoleeko salmaanhylje sukupuuttoon?	36
Asko Kaikusalo: Majava — vesieläin	38
Aarno Voipio: Itämeri — erikoinen ekosysteemi	40
Pentti Mälkki: Miten vesi virtaa Itämeressä?	42

## VESISTÖTUTKIMUKSEEN

Pertti Sevola: Joki kulttuuriympäristönä	45
Heidi Vuoristo: Veden laatu Suomessa	48
Harri Seppänen: Onko juomavetemme turvallista?	50
Kaarina Sivonen ja Per-Edvin Persson: Myrkylliset sinilevät	52
Erkki Santala: Vesistöt virkistyskäyttöön	54
Maisa Siirala: Vesi kaupunkiympäristössä	57
Lasse K. Kivekäs: Vesistöjen säännöstely eilen — tänään — tulevaisuudessa	59
Esko Kuusisto: Suomen tulvat	63
Tellervo Kylä-	
Harakka-Ruonala: Metsäteollisuuden jätevedet	64
Jaakko Paasivirta: Klooriyhdisteiden osuus puunjalostusteollisuuden päästöistä	66
Kimmo Karimo: Vesistökuormitus ja vesiensuojelu	67
Pertti Heinonen: Rehevöityminen	70
Kjell Wepling: Happamoituminen uhkaa vesistöjämme	72
Kari Kinnunen: Miten veden laadun muuttumista voidaan ennustaa?	74
Jouko Raitala: Vesistötutkimusta satelliitista	76
Timo Kotkasaari: Uudistuva vesilaki	77
Timo Mäkelä: Miten sujuu katselmustoimitus?	78
Pauli Kleemola: Vesihallinto uudistuu 1986	79
ASIAHAKEMISTO	80
KIRJOITTAJAT	81
KIRJALLISUUSVINKKEJÄ	82



# KIEHTOVA VESI



Vesi on jännittävää: se on elämän ehto, se kuhisee elämää, se muovaa maisemaa ja pirstoo kallioita, ja sitä on kaikkialla. Jokaisessa meistäkin on seitsemän kymmenesosaa vettä. Vesi on niin tavallinen aine, ettemme aina tajuakaan sen merkitystä.

AQUA 86 on löytöretki veden kiehtovaan maailmaan. Tässä vesialan suuressa yleisönäyttelyssä kerrotaan vedestä, sen ominaisuuksista ja käytöstä. Ota mukaan pieni annos seikkailumieltä: katso, kosketa, kysy ja kokeile — ja astu Ahdin salamyhkäiseen valtakuntaan!

Tässä näyttelykirjassa vesialan johtavat asiantuntijat kertovat vedestä ja vesistöistä. He kirjoittavat selkeästi ja yleis-tajuisesti niin, että jokainen voi asian ymmärtää. Toivon, että kirjasta on iloa ja hyötyä näyttelyn jälkeenkin. Lukemisen iloa!

Per-Edvin Persson  
puheenjohtaja  
AQUA 86-näyttelytoimikunta



# VEDESTÄ





# MONITAHOISTA VESITUTKIMUSTA TURUN VANHASSA AKATEMIASSA

Anto Leikola

**Turun akatemiassa, nykyisessä Helsingin yliopistossa, veden tärkeys tunnustettiin alusta alkaen. Aluksi nojaututtiin antiikin oppineiden kirjoituksiin, mutta jo 1700-luvulta vettä alettiin myös tutkia kokeellisen kemian ja fysiikan keinoin. Varsin varhain kiinnitettiin huomiota käytännölliseen vesistötutkimukseen. Vähitellen hahmottui myös kuva Suomesta tuhansien järvien maana.**

"Veden elementti on totisesti sekä märkä että painava, ja kuitenkin sen aines tarttuu kaikkiin kappaleisiin kuin liima tai muu irrottamaton sidos ja tunkeutuu, sekoittuu ja liittyy niiden jokaiseen soppeen. Eikä se ainoastaan kastele ja ruoki maanpintaa ikään kuin eräänlaisten suonien kuljettamana vaan tunkeutuu kasveihin näiden vetovoiman ansiosta, eikä vain tunkeudu niihin sisään vaan ennen kaikkea ruokkii ja ylläpitää niitä. Myös kaikkien eläinten ainekseen on tunkeutunut vettä, joka huuhtelee ja elättää sitä. Vesi myös edistää ja täydentää hämmästyttävällä ja vaativalla toiminnallaan maanalaisten mineraalien, metallien ja kallisarvoisten kivien syntymistä."

Näin kaunopuheisesti kuvaili veden ominaisuuksia turkulaisprofessori Daniel Achrelius 1678—82 ilmestyneessä laajasessa teoksessaan *Contemplationes mundi*, "maailmantarkasteluja". Achreliuksen aikana ja vielä paljon myöhemminkin vettä pidettiin yhtenä neljästä perusainesta, elementistä, joiden eroamisista ja yhtymisistä kaikki luonnon ilmiöt saivat alkunsa.

Elementit olivat kuin korttipakan maat: niitä täytyi olla neljä, ei enempää eikä vähempää. Maa oli kuiva ja painava, vesi kostea ja painava, ilma kostea ja keveä ja tuli kuiva ja keveä. Painavuutensa mukaan jokainen elementti pyrki omalle paikalleen maailmankaikkeudessa, niin myös vesi pyrki maan ja ilman väliin; mutta erityisten voimien ansiosta se saattoi virrata joskus tilapäisesti vääräänkin suuntaan.

Tästä syntyi veden kiertokulku.

## **Vanhoista opeista yhdeksi tieteeksi**

Kun Turkuun 1640 perustetussa akatemiassa — nykyisessä Helsingin yliopistossa — julkaistuisa väitöskirjoissa käsiteltiin vettä, se tapahtui aluksi kauttaaltaan vanhan elementtiopin hengessä. Kerrottiin ja kuvailtiin, mitä antiikin ja myöhemmän ajan oppineet olivat vedestä kirjoittaneet, mutta itsenäisiin kannanottoihin, varsinaisesta tutkimuksesta puhumattakaan, ei ollut juuri mahdollisuutta eikä halukkaan. Yliopiston tehtävänä oli opettaa tuleville papeille ja muille virkamiehille oikeaa maailmankatsomusta ja virallisesti vallitsevaa maailmankuvaa, ei etsiä uusia totuuksia. Niinpä väitöskirjoissa — useinkin professorin laatimissa vihkosissa, joiden avulla ylioppilaat selviytyivät maistereiksi — samoja vanhoja luonnonfilosofian oppeja toisteltiin toistelemasta päästyä.

Joskus oli kuitenkin käytävä pohtimaan kiistakysymyksiä, joista oppineet olivat eri mieltä. Esimerkiksi Achrelius puolusti pontevasti käsitystä, että taivaankannen yläpuolella oli vettä, mihin hän sai lujaa vahvistusta Raamatun luomiskertomuksesta. Luonnontieteen professorina 1600-luvun lopulla toiminut Petrus Hahn puolestaan selitti väitöskirjassa *Cataractae Aquarum*, "vesiputoukset", että Pohjoisnavalla on suunnaton vesipyörre, joka imee valtameren vettä sisuksiinsa ja syöksee sen suoraan läpi maapallon Etelänavan kohdalta ulos. Näin saivat

jatkuvat merivirrat selityksensä; ja Hahn asettui päättävästi vastustamaan niitä, joiden mielestä imupyörre olikin Etelänavalla ja vesi syöksyi ulos Pohjoisnavan luota.

Vasta 1700-luvun puolella alkoi Turussa saada jalansijaa se uusi luonnontutkimus, joka muualla Euroopassa oli aloittanut voittokulkunsa jo Galilein myötä vuosisataa aikaisemmin. Tyylikäs esimerkki tästä oli lääketieteen professorin Herman Dietrich Spöringin johdolla 1729 ilmestynyt väitöskirja *De Aqua*, "vedestä".

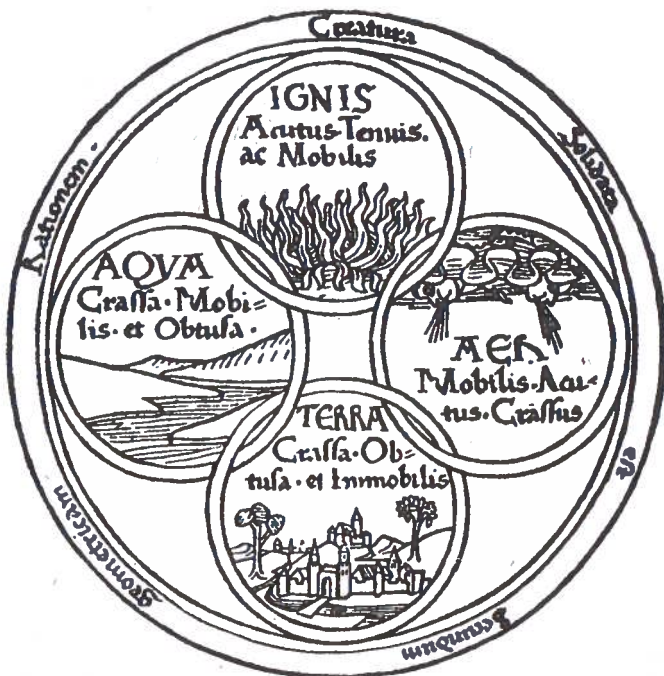
Siinä ei enää tyydytty pohtimaan veden yleisiä ominaisuuksia vanhojen luonnonfilosofien mukaan, vaan selostettiin eräitä Euroopan kuuluisimmissa tiedeakatemoissa, Lontoossa ja Firenzessä, tehtyjä fysikaalisia kokeita. Tietolähteet tosin olivat jo vuosikymmeniä vanhat, mutta yhtä kaikki ne edustivat modernia, kokeellista fysiikantutkimusta.

## **Veden parantava voima**

Hollannissa opiskellut professori Spöring edisti monin tavoin myös varsinaista lääketiedettä, jossa siinäkin vedellä oli tärkeä sijansa. Jo Elias Til-Landz, 1600-luvun loppupuolen mainio lääkäri ja kasvitieteilijä, oli ottanut käyttöön Kupittaan terveyslähteen, ja 1741 Spöringin oppilas, pohjalainen Johan Ekelund esitti väitöskirjanaan tuon lähteen veden analyysin. Analyysi ei ehkä vastaisi meidän aikamme kemian vaatimuksia, mutta selväksi kävi silti, että vesi sisälsi alkalisuolaa, rautaa ja lisäksi "parantavien vesien hienointa ainesta, tuota eetteris-elastista, haihtuvaa mineraalihenkeä", mistä johtui veden kupliminen sekä sen läpitunkeva maku ja rikkintuoksua. Väittelijä totesi kyllä veden sinänsäkin erinomaiseksi parannuskeinoksi, ja väitöskirjaan liitetyissä loppuponsissa



Maailman neljä elementtiä — vesi, tuli, ilma ja maa — erään 1500-luvun käsikirjoituksen mukaan. Kuva: Margotta, Lääketiede kautta aikojen, WSOY 1971.



vettä kehuttiin sellaisenaan terveelliseksi vahvoille potilaille, mutta hyvään viiniin sekoitettuna soveliaaksi myös heikommille.

Kupittaa oli turkulaisten suosiossa, ja niinpä Ekelund sai väitöskirjaansa monia ja monikielisiä onnitteluja. Itse akatemian rehtori, teologian professori Petrus Filenius oli laatinut englanninkielisen runon, jonka ensi säkeet kuuluivat vapaasti suomennettuina:

Kun AAMURUSKO AURAN  
rannoille hymyilee  
ja lähde KUPITTAALLA  
antejaan jaklee  
Kukkean TURUN luona,  
on näky loistava  
Kuin aamukasteen hohto  
vihreillä nurmilla.

Aurajoen ylistys kuului muutenkin hyvään akateemiseen tapaan. Jo 1685 oli ylioppilas Christiernus Frisius eri maiden tärkeimpiä jokia selostavassa väitöskirjassaan maininnut sen Suomen huomattavimmaksi ja kauneimmaksi joeksi, ei vähiten siksi, että sen rannalla sijaitsi Turku ja sen akademia, "Muusain Kukoistava Palatsi".

Mutta myös terveyslähteet pysyivät suosittuina pitkin 1700-lukua ja seuraavaakin vuosisataa. Suuri ruotsalainen kemisti Torbern Bergman tuli perusta-

neeksi maansa kivennäisvesiteollisuuden pyrkinessään kehittämään keinoitekoisia vastineita terveysvesille, ja Turussa seurattiin valppaasti kehitystä. Akatemian ensimmäinen kemian professori Pehr Adrian Gadd julkaisi 1772 analyysin suomalaisesta lähdevedestä ja hieman myöhemmin Bergmania mukailen selostuksen "kylmien keinoitekoisten kivennäisvesien valmistuksesta". Oulun apteekkari Johan Julin puolestaan saattoi kaupunkinsa terveyslähdetä ja sen vettä kuvailemallaan esittää luettelon niistä 22 sairaudesta, joihin lähteen vesi oli tehonnut. Erityisesti matovaivoihin, kihtiin ja reumatismiin, keripukkiin, ihottumiin, syyhyyn ja ruusuun oli Oulun terveysvedestä ollut suurta apua, mutta myös keuhkotauti, vatsavaivat, kuukautishäiriöt ja synkkämielisyyttä mainittiin luettelossa.

Samalla kun vesien kemialliseen analyysiin pyrittiin soveltamaan uusia menetelmiä myös fyysikaalinen vedentutkimus alkoi Turussakin itsenäistyä. Huomatavaan maineeseen tällä alalla nousi 1800-luvun alkupuolella fyysiikan professori Gustav Gabriel Hällström, joka otti muun muassa mitataksaan veden tiheyttä eri lämpötiloissa, ja jatkoi näin appensa, kuuluisan suomalaisen

kemistin Johan Gadolinin eri aineiden ominaislämpöihin kohdistunutta tutkimustyötä. Ranskalainen Deluc oli jo aikaisemmin havainnut, että vesi oli tiheimmälään  $+4^{\circ}\text{C}$  lämpötilassa, mutta Hällströmin tarkat mittaukset osoittivat, että oikea tiheysmaksimi oli  $+4,031^{\circ}\text{C}$ :ssa. Tämä oli — väistämättömien havaintovirheiden rajoissa — jo hyvin lähellä nykyistä arvoa,  $3,98^{\circ}\text{C}$ , ja syystä voidaan sanoa, että maailman keskuksiin nähden syrjäinen Suomi antoi Gadolinin ja Hällströmin mittauksissa oman panoksensa kansainväliseen fyysikaaliseen vedentutkimukseen jo yli puolitoista vuosisataa sitten.

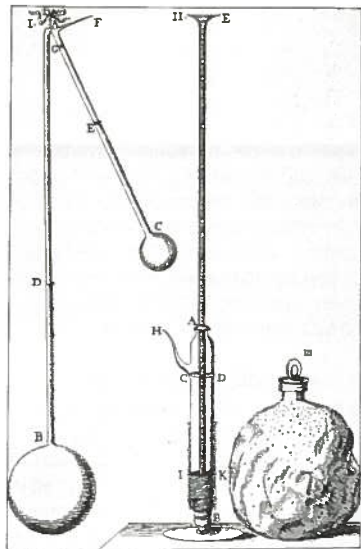
### Vedet geologiassa ja teologiassa

Vaikka akatemiassa 1600- ja 1700-luvuilla oli vain toistakymmentä professoria, se käsitti periaatteessa kaikki mahdolliset tieteenalat. Geologian ja mineralogian oppituoli perustettiin vasta 1800-luvun puolivälissä ja maantieteen professori sitäkin myöhemmin, mutta jo paljon aikaisemmin oli väitöskirjoja laadittu monenlaisista vesistöihin liittyvistä kysymyksistä. Yhtäältä tällä hydrologialla oli yhteyksiä jopa jumaluusoppiin, toisaalta sillä oli selviä käytännön tavoitteita.

Vesitutkimuksen teologista puolta edusti 1700-luvun puolivälin tienoilla esimerkiksi luonnontieteen professorin Johan Browalliuksen johdolla julkaistu väitöskirja "vuorien merkityksestä maan kastelussa". Kysymystä tarkasteltiin kyllä monien tunnettujen fyysikkojen teoksiin viitaten, mutta väitöskirjan pää-tarkoituksena oli silti osoittaa, miten tarkoituksenmukaisesti Luoja oli järjestänyt maapallon ihmisten asuttavaksi. Ellei näet vuoria olisi, ei saataisi sateita-kaan, ja ihmiset niin kuin muikin luomakunta jäisivät ilman vettä. Purot ja joetkin saivat alkunsa yleensä vuorilla olevista lähteistä, joskin oppineet olivat eri mieltä siitä, miten lähteiden vesi oikein joutui ylös vuoristoihin, pilvien myötä vai maanalaisia väyliä pitkin.

Paljolti teologinen tarkoitus oli myös laajahkolla teoksella vedenvähenemisestä, Om Vattu-

Veden puristuvuuskokeisiin käytettyjä laitteita Firenzen tiedeakatemiaan julkaisussa 1666 (jälkipainos 1942). Samat piirrokset olivat esillä Petrus Folinin turkulaisessa väitöskirjassa *De Aqua* 1729. Kuva Helsingin yliopiston kirjasto.

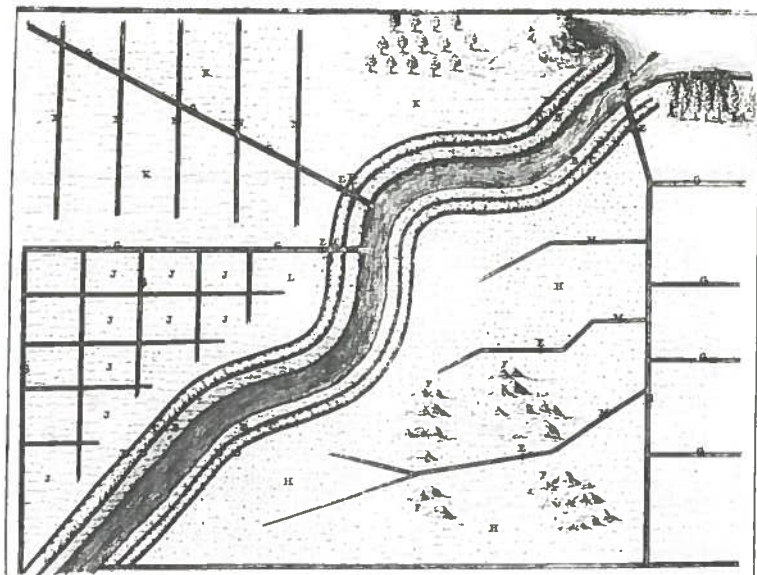


minskningen, jonka piispaksi jo kohonnut professori Browallius sai valmiiksi vähän ennen varhaista kuolemaansa 1755. Ongelma oli ajankohtainen ja kiistelty: väheneekö vesi maapallolla niin että rannat vähitellen paljastuvat, kuten Pohjanlahden rannikolla näytti tapahtuvan. Browallius ilmoitti jo teoksensa otsikossa, että tämä oppi siinä tutkittaisiin Pyhän Sanan, luonnon lakien sekä kokemuksen mukaan ja havaittaisiin vääräksi. Tässä Browallius asettui reippaasti ikätoveriaan ja ystävänsä, vaikutusvaltaista arkkiatri Linnétä vastaan, tämä kun oli asettunut niiden kannalle, jotka arvelivat maapallon aluksi olleen melkein kokonaan — Paratiisissa saarta lukuunottamatta! — veden peitossa ja sitten vähitellen paljastuneen. Vedenvähentämisen suhteen Browallius oli jälkikäteen katsoen hyvinkin oikeassa, mutta toisaalta hän kieltäytyi uskomaan niitä todisteita, joita maankohoamisesta rannikoilamme oli saatu, ja selitti maan ja veden suhteiden pysyneen luomisesta asti suunnilleen ennallaan.

#### Hyödyn aikakauden vedet ja vesistöt

Syystäkin on 1700-luvun puoliväliä ja sen jälkeistä aikaa sanot-

Erilaisia tapoja kanavoida tulvia. Carl Johan Schaefferin P. A. Gaddin johdolla 1786 julkaisemasta väitöskirjasta *Om Medel at kunna förekomma Flodvatnets öfversvämningar, "keinoista estää jokiveden tulvimisia"*. Kuva Helsingin yliopiston kirjasto.



tu hyödyn aikakaudeksi. Amerikan-matkastaan tunnetun talousopin professorin Pehr Kalmiin ja hänen virkaveljensä Gaddin johtamien väitöskirjojen aiheina olivat muun muassa tulvien estäminen ja toisaalta tulvaniittyjen hyödyntäminen sekä koskenperkaukset ja vesiväylien rakentaminen. Vesitien aikaansaaminen Itä-Suomesta Päijänteen ja Kokemäenjoen vesistöön oli ajankohtainen kysymys, kun koko Kaakkois-Suomi oli Turun rauhassa 1743 jäänyt Venäjän puolelle, ja itse Kokemäenjokikin tuli saada kulkukelpoiseksi.

Eräässä myös Gaddin väitöskirjoista sivuttiin maankohoamista, joskin varsin käytännölliseltä kannalta: jos maatumisen eri muodoista päästäisiin perille voitaisiin varmasti myös kehittää keinoja maaduttaa meren- ja järvenrantoja pelloiksi ja niityiksi. Gaddin tietojen mukaan maa oli eri puolilla maailmaa milloin kohonnut milloin laskenut, ja näytti ilmeiseltä, että Itämerikin oli ennen ulottunut paljon nykyistä laajemmalle. Myös jokien ja ajojään tuoma lieju, toisinaan kasvillisuuskin mataloittivat rantoja, ja suuria muutoksia saattoi tapahtua silloin kun esimerkiksi joki äkkiä purkautui uuteen uomaan. Esimerkkinä viimeksi mainitusta Gadd mainitsi mm. sen,

miten suon kuivaaminen ja kydöttäminen Iharin kylässä Kangasalla oli saanut Längelmäveden raivaamaan itselleen uuden väylän niin, että aikaisempi uoma Sarsankoski oli jäänyt kuivaksi. "Ilke Iharin Koski, Sarsan saati waiwaiseksi", tiesi Gadd kansan seudulla yhä hokevan.

Samalla kun akatemiassa pyrittiin vaihtelevalla menestyksellä löytämään ratkaisuja sekä teoreettisiin että käytännön vesikysymyksiin kerättiin myös tietoa maantieteellisistä oloista, ja moni papinpoika sai väitöskirjäkseen laatia selostuksen kotipitäjästään. Suomen maantieteellistä kokonaiskuvausta oli hahmotellut jo valtio-opin professori Michael Wexionius-Gyldenstolpe 1600-luvulla. Mutta ensimmäinen pelkästään Suomen vesistöille omistettu tutkielma ilmestyi vasta Gaddin johdolla 1772. Tämä filosofian kandidaatti Gabriel Ståhlen puolustama väitöskirja oli suppea, osin suorastaan luettelomainen ja paikoin virheelinenkin. Mutta sen johtopäätöksissä hahmottui jo kuva Suomesta tuhansien järvien maana: "Kaikesta mitä nyt on yleisesti sanottu Suomen Hydrologiasta seuraa siis, että on tuskin toista maata, joka tarjoaisi runsaammin mieluista Järvien ja Vesireittien näkymiä kuin Suomi." ■



# VESI — TAVALLINEN TAVATON AINE

Raimo Keskinen

**Vesi on eräs yleisimmistä kemiallisista yhdisteistä maan pinnalla. Eräät sen ominaisuudet ovat todella hämmästyttäviä. Veden erikoiset ominaisuudet sen esiintymisrunsauden ohella ovat elollisen luonnon monimuotoisuuden perusta ja ehdoton edellytys.**

Vesi peittää yli seitsemänkymmentä prosenttia Maan pinnasta. Meidän ihmisten kudostasasta sitä on samoin yli seitsemänkymmentä prosenttia. Monien kasvien aineksesta yli yhdeksänkymmentä sadasosaa on vettä. Ilmassa vettä leijuu keskimäärin parisenkymmentä tuhatta tonnia jokaisen neliökilometrin yllä. Kuivakat kivetkin pitävät sitä sisällään parisen sadasosaa painostaan.

Vettä löytyy muiltakin Aurinkokuntamme taivaankappaleilta ja luonamme vierailulla ollut Halley'n komeettaa kutsutaan saastuneeksi veden kasaumaksi. Tähtien välisessä kaasussakin tähtitieteilijät ovat havainneet merkkejä tästä kemiallisesta ihmeestä.

Näin tavallisesta aineesta on puhuttu varmasti vuosituhsia, sillä jo kotoisen suomen kieleemme esi-isä, uraililainen kantakieli, sai sen nimen muinaisesta indoeurooppalaisesta kantakielestöstä. Tämä muinaisuuden ihmiset kutsuivat sitä ehkä nimellä "wed", joka sitten vuosituhsien saatossa muotoutui meille jokapäiväiseksi sanaksi: vesi.

## Miten tieto vedestä syntyi?

Viisisataa vuotta ennen ajanlaskumme alkua Thales, Kreikan suurista filosofiista ensimmäinen, piti vettä kaikkien muiden aineiden perusmateriaalina. Empedokles pudotti hieman vettä arvoasteikossa tuomalla sen rinnalle tulen, maan ja ilman olemassa olevan peruselementeiksi. Vasta 1700-luvun lopulla paljastui jotain todellista veden anatomia, kun Henry Cavendish valmisti sitä polttamalla vetyä ilmassa. Antoine Lavoisier sitten

totesi, että vesi on hapen ja vedyn yhdiste, vetyoksidi.

Nämä veden ainekset ovat ikivanhoja. Vety-ytimet syntyivät maailmankaikkeuden ensi sekunnin aikana n. 15 miljoonaa vuotta sitten. Happi taas on jo ammuin räjähtäneiden, kuolleitten tähtien sydänten lahja meille.

Vesimolekyylissä happi ja vety voivat esiintyä kolmena eri isotooppina. Kaikki isotooppien yhdistelymahdollisuudet huomioonottaen vedellä voi olla 17 tavallista vettä raskaampaa isotooppia. Näitä fysikaalisilta ominaisuuksiltaan hieman tavallisesta vedestä eroavia vesimuotoja on ihmiskunta oppinut hyödyntämään. Esimerkiksi ydintekniikassa käytetään vedyn isotoopin deuteriumin muodostamaa raskasta vettä ( $D_2O$ ) hidas-timena ydinreaktoreissa.

## Vesi — $H_2O$

Nykyisin tiedämme veden, jonka kemistit tuntevat "hookaksoona" ja vanhempi polvi "huuperina", rakentuvan happiatomista, joka on saanut seurakseen kaksi vetyatomia. Vetyatomit sijaitsevat siten, että niiden ja happiatomin yhdyssuorat muodostavat noin 105 asteen kulman keskenään. Vetyatomit ovat kuin käsi-varret, jotka vetysiltojen kautta pystyvät sitomaan molekyylin kahteen muuhun vesimolekyyliin. Kun happiatomiin voi lisäksi kiinnittyä kahden muun vesimolekyylin vetysillat, tulee veden rakenne helposti verkoston kaltaiseksi.

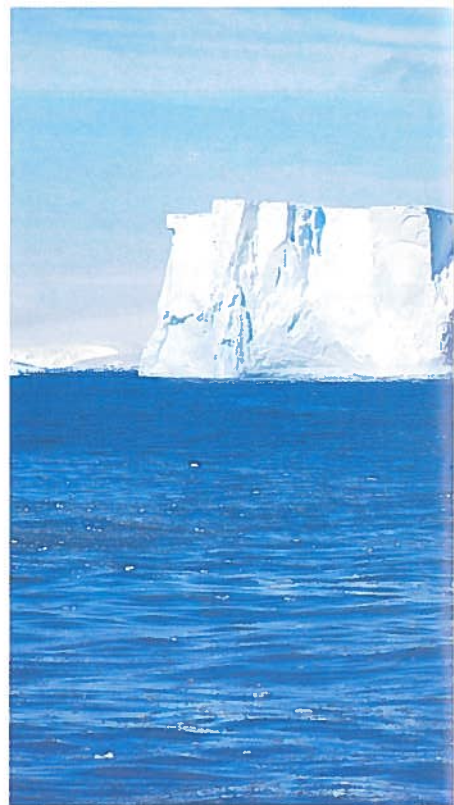
Vesimolekyylit ovat pieniä sähköisiä dipoleja, joissa positiivinen ja negatiivinen varaus eivät ole aivan tasan jakautuneina.

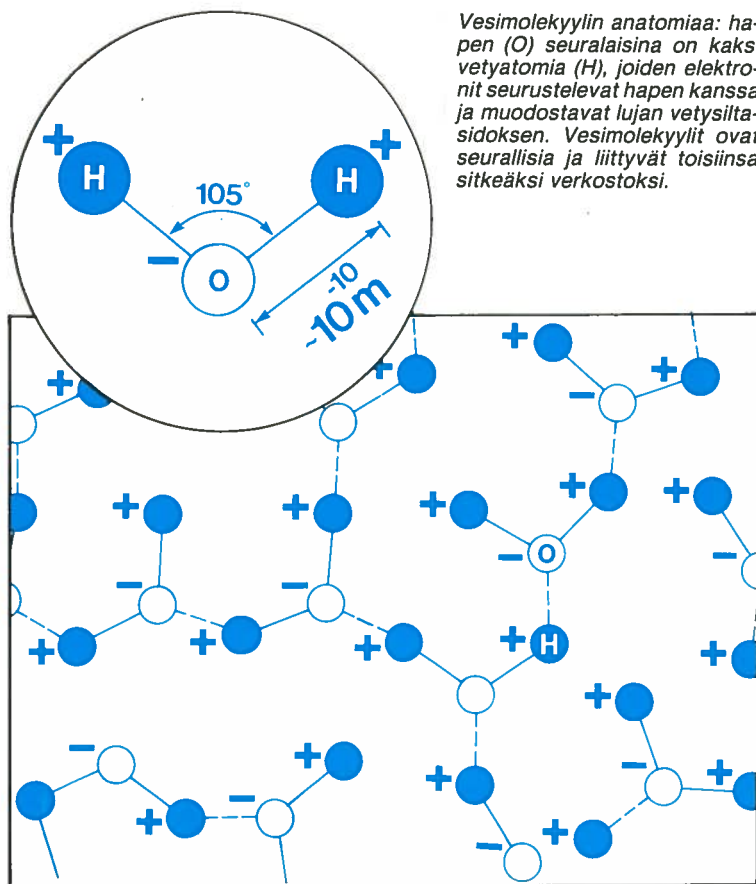
Vesi tuntee herkästi sähkökentän läsnäolon. Tämän voit todeta helposti. Anna ohuen vesinoron valua hanasta. Hankaa muovista kampa hetken villavaatteelle eli varaa se. Kun viet kamman suihkun lähelle, taipuu puutoava vesivana kauniisti.

## Vesi kestää ja kannattaa

Vesimolekyylin rakenne on kestävä. Huoneenlämmössä vain yksi viidestäsadasta miljoonasta vesimolekyylistä rikkoutuu vety-ioniksi ( $H^+$ ) ja hydroksyyli-ioniksi ( $OH^-$ ). Vielä  $2000^\circ C$ :n lämpötilassa noin 98 % vesimolekyyleistä on ehjiä.

Vesimolekyylien taipumus yhtyä toisiinsa ja muodostaa lujaa verkkoa johtaa moniin, muista aineista poikkeaviin ominaisuuksiin.





Matalissa lämpötiloissa (alle  $0^{\circ}\text{C}$ ) oleva vesi on kiinteää, jää-tä. Tässä olomuodossa vetysiltojen verkosto pinoaa vesimolekyylit kuin pienen pienten tetrapakkausten jatkuvaksi kasautumaksi. Tetrapakkausten rakenne on huokoisempi kuin veden nestemäisen olomuodon. Jää onkin harvempaa kuin nesteenä oleva kylmä vesi. Tämän voit kokeilla asettamalla jääpaloja kylmään veteen kellumaan. Niin pilkkimiehet kuin kalatkin saavat olla kiitollisia siitä, että jää on harvempaa kuin vesi. Järvemme jäätyvät siten pinnalta eivätkä pohjasta käsin.

Tiheysero aiheuttaa sen, että jäätyessään vesi laajenee kymmenkunta prosenttia. Luonnossa tämä näkyy monin tavoin. Kallion pieniin halkeamiin jäätyvä kosteus rapauttaa kiveä jatkuvasti.

Puhtoisen veden jäätymisspiste on nolla astetta, kun ilmanpaine on normaali. Jos paine nostetaan vaikkapa 2000-kertaiseksi, jäätyy vesi vasta 35 astetta pakkasen puolella. Korkeita paineita käyttäen voidaan valmistaa tavallisen tetrapakkausrakenteen lisäksi muunkinlaisia verkkora-

## KAPPALE MANNERJÄÄTÄ

Kilometrienkin korkuiset mannerjäätiköt lohkeilevat ja poikivat jäävuoria. Pieni kimpale mannerjää on esillä myös AQUA 86-näyttelyssä.

Mannerjäätä ei paljain silmin erota tavallisesta jäädä. Jää on kuitenkin kiderakenteeltaan erilaista kuin tavallinen järven jää sillä mannerjää syntyy lumesta, joka hautautuu uuden lumen alle. Lumi sulaa ja jäätyy taas kokoon.

Mannerjää voi olla ikivanhaa. Jäätä muodostuu noin 1 cm vuositain. Siten mannerjäätikössä n. 2,5 km:n syvyydestä otettu jää voi olla satoja tuhansia vuosia ennen ajanlaskumme alkua syntynyttä.

Jää on kovassa paineessa: Grönlannin mannerjään ilmakuplissa paine voi olla jopa kymmenen ilmakehää.



Jäävuoria erään napamantereella.  
Kuva Teuvo Suominen/LKA



kenteita. Näitä muotoja on löydetty ainakin kahdeksan erilaisista. Ne ovat kaikki tiheämpiä kuin nestevesi.

### **Höyrystä lumeksi, sateesta rakeiksi**

Jos veden lämpötilaa nostetaan yli jäätympisteen, alkavat molekyylit vetysillat rikkoutua. Vesi on tiheimmillään +4°C:een lämpötilassa. Tällöin molekyylit ovat ahtautuneet tiheimmin. Jos vettä edelleen kuumennetaan, voittaa lämpölaajeneminen verkoston hajoamisesta johtuvan tihentymisen. Vesi harvenee, kunnes se höyryytyy 100°C:een lämpötilassa ja muuttuu kaasumaiseksi.

Jos vesihöyryä jäädytetään,

syntyy lunta. Kiderakenne muotoutuu kuusikulmion rakennetta toistaen. Lumikiteet ovatkin monimuotoisuudestaan huolimatta vain toistoa kuusikulmion muodosta. Lumi ei siis ole jäätynyttä sadetta, jota ovat rakeet, vaan kiteytynyttä höyryä eli puhtainta vettä.

### **Vesi varastoi lämpöä**

Vesi on eräs parhaista lämpöenergian varastointiaineista. Veden lämmittäminen vaatii paljon energiaa. Vain ammoniakilla (NH<sub>3</sub>) ja nestemäisellä vedyllä on suurempi ominaislämpö. Veden sitkeän verkstorakenteen rikkominen lämpöliikkeen vilkastuttamiseksi vaatii paljon energiaa. Toisaalta taas vesi luovuttaa

jäähtyessään enemmän lämpöä kuin useimmat muut aineet.

Veden suuresta lämpökapasiteetista on hyötyä varsinkin täällä Pohjan perillä. Suhteellisen runsaana esiintyvänä vesi taasoittaa melkoisesti vuotuisia lämpötilan vaihteluita. Itseasiassa sen merkitys koko maapallomme lämpötaloudelle on ratkaiseva. Tätä "virkaansa" hoitaessaan se on alituisessa kiertokulussa meristä ilmaan ja sieltä sateena alas. Samalla se muokkaa asuinplaneettamme kasvot.

### **Suuri pintajännitys**

Veden pintajännitys on toiseksi suurin tunnetuista yhdisteistä. Vain elohopea on sitkeämpää. Veden pinnan molekyylit ovat puoliksi yksinäisiä, joten ne voivat käyttämättömiksi jäävillä sidoksillaan peittää pinnan kuin tiheä matto. Mm. vesimittarit on vesieläinryhmä, joka on sopeutunut käyttämään pintajännitystä hyväkseen. Jokainen voi varovasti vaikkapa haarukalla asettaa vesiastiaan kellumaan erilaisia esineitä, partakoneen teriä, silmänleuloja tai paperiliittimiä. Pieni tilkka astianpesuainetta veden pinnalle upottaa koko kauniin asetelman, kun veden luoma pintajännitysmatto ohe-  
nee.

Luonnossa esimerkiksi kasveille elintärkeä kapillaari-ilmiö, jolla kasvit nostavat vettä latvaansa asti, on veden suuren pintajännityksen ansiota.

### **Vesi on huono sähkönjohdin mutta hyvä liuotin**

Veden molekyylit ovat tiukasti toisiinsa tarttuneita. Näin niillä on kovin vähän vapaita sähkövarauksia, joten vesi johtaa huonosti sähköä. Sähköisen napaisuutensa ansiosta vesimolekyyli kykenee kuitenkin ionisoimaan muita lähellä olevia polaarisia yhdisteitä.

Vesi liuottaakin helposti useimpia suoloja ja hydroksyyli-pitoisia orgaanisia aineita kuten sokereita. Näin muodostuneet elektrolyytit ovatkin jo hyviä sähkönjohtajia. Erinomaiset liuotin-ominaisuudet tekevät vedestä mainion aineen biologisissa prosesseissa. Veremmeikin sisältää vettä yli 80 % — mutta tämä onkin eri juttu, sillä verihän on vettä sakeampaa. ■

## **VESI VANHIN VOITEHISTA**

Erik Spring

Miksi suksi luistaa? Siksi, että suksenpohjan ja lumipinnan väliin muodostuu vettä.

Vesi syntyy suksen alkupäässä, suunnilleen siinä missä suksenpohja ensimmäisenä kohtaa lumen. Kitkan kautta kehittyä lämpöenergiaa, joka lämmittää lumen 0-asteiseksi. Tämän jälkeen lumi sulaa ohueksi vesikerrokseksi. Luistoon tarvittavan vesikerroksen paksuus on vain noin 0,01 mm.

### **Kohtuus kaikessa**

Suksen luisto huononee, jos suksenpohjan ja ladun pinnan väliin syntyy liikaa vettä. Tämä seuraa siitä, että kosketuspinta-ala suksen ja lumen välillä kasvaa. Mitä suurempi kosketuspinta-ala, sitä tehokkaammin kitkan synnyttämää lämpöenergiaa siirtyy suksen ja lumeen, jolloin riittävää vesikerrosta ei synny. Tämä pätee etenkin pakkaskelillä, jossa kitkaenergia on tarpeeksi otettava talteen riittävän vesikerroksen synnyttämiseksi.

Esimerkiksi silloin, kun ilman ja

lumen lämpötila on -10°C, kosketuspinta-ala on vain n. 6—8 % suksenpohjan pinta-alasta. Kun vesikeli vallitsee eli kun lumessa on paljon vettä, kosketuspinta-ala kasvaa jopa 50—80 %:iin, jolloin luisto huononee. Vesikelillä ongelmana onkin saada suksen ja lumen välinen vesikerros ja kosketuspinta-ala mahdollisimman pieneksi. Hiihtäjä voi vaikuttaa tähän käyttämällä hyvin lämpöä johtavia ja vettä hylkiviä suksimateriaaleja.

### **Uusi tekniikka parantaa tuloksia**

Jos verrataan nykyisten suksien luistoa 1930-luvun tyyliin, on mitattu, että luistoa kuvaava kitkeroin on pienentynyt noin 30 %. Tähän on vaikuttanut siirtyminen tervatusta puusuksesta nykyaikaiseen suksen ja voitelutekniikkaan. Tämä merkitsee hiihtokilpailussa noin 6,0—6,5 minuuttia parempaa aikaa kymmenellä kilometrillä, vaikka hiihtäjien suorituskyky olisikin pysynyt muuttumattomana.



# VESI ELÄVÄSSÄ SOLUSSA

Juhani Jänne

**Jokainen solu, yksinkertaisimmasta bakteerisolusta monimutkaisimpaan eläinsoluun, on enimmäkseen (n. 70 % painostaan) vettä. Vaikka vesi on yksinkertainen neste, elämä maapallolla on sen ainutlaatuisten ominaisuuksien varassa. Elämän ylläpitävät molekyylit ovat kylläkin rakentuneet hiilestä, mutta niiden toiminta elävässä solussa tarvitsee vettä välittäjäkseen. On myös kaikki syyt olettaa, että ensi elämä syntyi alkumeressä, jonka koostumus muistuttaa oman veriplasmamme koostumusta.**

Vesi on lähes ihanteellinen liuotin elävälle solulle, joka on äärimmäisen pitkälle järjestäytynyt ja jossa tapahtuu noin 20 000 kemiallista reaktiota samanaikaisesti. Elävä solu joutuu kuitenkin noudattamaan termodynamiikan kahta pääsääntöä: energiaa ei voida luoda tai hävittää, mutta se voidaan muuttaa toiseksi.

Veden korkea höyrystymislämpötila merkitsee sitä, että elävä solu voi erittää suhteellisen suuren määrän lämpöä höyrystämällä pienen määrän omaa vettä. Veden suuri lämpökapasiteetti taas merkitsee solussa sitä, että se voi absorboida ulkomaailmasta lämpöä ilman, että sen sisäisen veden lämpötila suurestikaan nousee. Veden ns. eristevakio on suuri, joten vesi on erittäin hyvä liuotin. Vesiliuoksilla on erittäin hyvä sähköjohtokyky, joka on perustana mm. hermoimpulssien siirtymiselle solusta toiseen.

## **Vetysidokset vedessä ja biomolekyyleissä**

Vesi ei suinkaan loiski ja aaltoile vapaana solun sisällä. Noin kolmannes solun vedestä on liittyneenä solun valkuaisaineisiin.

Veden biologiset ominaisuudet perustuvat sen dipoli-luonteeseen eli siihen, että vetyatomeilla on positiivinen varaus ja happiatomilla negatiivinen. Varausien jakautuminen aiheuttaa

sen, että vesimolekyylien välillä on puoleensa vetäviä voimia. Enimmillään yksi vesimolekyyli muodostaa vetysidoksen neljän muun vesimolekyylin kanssa.

Vetysidosten muodostuminen ei rajoitu pelkästään vesimolekyyleihin, vaan niillä on keskeinen osuus tärkeiden biomolekyylien kuten proteiinien ja nukleiinihappojen rakenteen kannalta. Esimerkiksi typpi on hapen kaltainen ja liittyy vetysidoksen avulla toiseen atomiin.

Vetysidosten tärkein biologinen merkitys on deoksiribonukleiinihapon (DNA) rakenteessa. Kaksijuosteisen DNA:n juosteiden kietoutuminen toisiinsa perustuu pelkästään vetysidoksiin, jotka muodostuvat DNA:ssa olevien emästen välille. Vaikka yksittäisten vetysidosten sidosluku on heikko, DNA:ssa olevien satojen tuhansien miljoonien vetysidosten johdosta nukleiinihappomolekyyli on erittäin pysyvä.

Toinen esimerkki keskeisistä vetysidoksista on valkuaisainemolekyylin kietoutuminen itsensä ympärille. Tämäkin avaruusrakenne perustuu pelkästään vetysidoksiin.

## **Vesi määrää useimpien biologisten rakenteiden ominaisuudet**

Vesi on välillisesti vastuussa so-

lun keskeisten rakenteiden järjestäytymisestä. Elävän solun kannalta vesi on kaikkea muuta kuin pelkkä täyte. Vesi luo ihanteelliset olosuhteet solussa tapahtuville kemiallisille reaktioille. Vesi on erinomainen liuotin suoloille: esimerkiksi ruokasuolan, natriumkloridin (NaCl) liukeneminen veteen perustuu siihen, että vesimolekyylien ansiosta erimerkkisten ionien (natriumionin positiivinen ja kloridi-ionin negatiivinen varaus) välillä muuten vallitseva vetovoima häviää, ja suola liukenee. Vesi liuottaa hyvin myös polaaraisia molekyylejä eli aineita, joissa ei ole nettovarausta. Liuottimena toimiessaan vesi kuljettaa aineita solujen välillä ja voi poistaa tarpeettomia ja jopa haitallisia jätteitä.

Sen sijaan orgaaniset yhdisteet, joissa esimerkiksi on pitkä hiilivetyketju, eivät liukene veteen. Tällaisia yhdisteitä ovat esimerkiksi rasvat. Näitä yhdisteitä sanotaankin vesipakoisiksi eli hydrofobisiksi yhdisteiksi. Elävän solun solukalvo koostuu pitkistä rasvamolekyyleistä, joissa on sekä vesihakuinen (hydrofiilinen), polaariset osat että vesipakoinen osa, pitkä hiilivetyketju. Solukalvo järjestäytyy niin, että rasvamolekyylit asettuvat kahteen kerrokseen. Vesipakoiset hiiliketjuosat muodostavat näin syntyvän kalvon keskustan ja polaariset osat suuntautuvat kalvon molemmilla puolilla ulospäin. Ne ovat siten vesiympäristössä.

Useimmissa valkuaisaineissa on myös osia, jotka ovat joko hydrofobisia tai hydrofiilisiä. Vesipakoiset osat näistä valkuaisaineista pakataan molekyylin sisään ja hydrofiiliset osat suuntautuvat ulospäin, vesiympäristöön. ■

# SUOMEN VESIVARAT

Simo Jaatinen

**Suomessa on pinta-alaltaan yli hehtaarin suuruisia järviä noin 56 000 ja yli viiden aarin suuruisia järviä ja lampia noin 188 000. Vaikka Ruotsissakin on lähes 100 000 järveä ja Norjassa noin 200 000, on juuri meillä monestakin syystä oikeus kutsua maatamme tuhansien järvien maaksi.**

Maamme pinta-alasta noin 10 % on järvien peitossa. Tasan jaetuna jokaiselle suomalaiselle riittäisi 67 aaria järveä ja 30 metriä rantaa. Vesien runsaus on kuitenkin erilainen maan eri osissa. Eniten vettä on Järvi-Suomen alueella, joka avautuu Salpausselältä pohjoiseen Oulun läänin rajalle saakka. Alue jakautuu kolmen suuren reittivesistön, Vuoksen (61 200 km<sup>2</sup>), Kymijoen (37 200 km<sup>2</sup>) ja Kokemäenjoen (27 100 km<sup>2</sup>), kesken. Vuoksi laskee Laatokkaan, Kymijoki Suomenlahteen ja Kokemäenjoki Selkämereen. Järvi-Suomessa on 2/3 järviemme pinta-alasta. Lähes viidennes maa-alasta on siellä järvien peitossa. Vesi on maiseman hallitsevin piirre.

Suuria reittivesistöjä ovat lisäksi Perämereen laskeva Oulujoen vesistö (22 500 km<sup>2</sup>) ja Pohjoiseen Jäämereen laskeva Paatsjoen vesistö (14 600 km<sup>2</sup>). Näiden alueista on järvien peitossa noin 12 %.

Järvi-Suomen etelä- ja länsipuolelle jäävillä rannikko-alueilla vedet virtaavat verraten pienten jokivesistöjen kautta Suomenlahteen ja Pohjanlahteen. Etenkin Pohjanmaan jokien kapeat sadealueet ovat vähäjärvisiä, jopa alle yksi prosentti maa-alasta. Suuret jokivesistömme ovat pohjoisessa (Iijoki 14 400 km<sup>2</sup>, Kemijoki 51 400 km<sup>2</sup>, Tornionjoki 40 000 km<sup>2</sup> ja Tenojoki 14 400 km<sup>2</sup>). Kemijoki on pisin jokemme, noin 600 km.

## Järvisokkeloita

Aniharva isohko järvi on pyöreä ja selväpiirteinen muodoltaan. Suomalaisen järven rantaviiva on rikkonainen, niemet ja lahdet vuorottelevat, ja järvi itse on

saaria täynnä. Esimerkiksi Suomen laajimman järven, Suur-Saimaan pinta-ala on 4 380 km<sup>2</sup>. Siinä on rantaviivaa 14 850 km ja saaria 13 710. Usein järvet myös liittyvät toisiinsa virtapaikkojen, salmen tai lyhyiden jokien välityksellä, muodostaen järviryp-päitä, pitkiä järvijonoja ja reittejä.

Järvemme ovat matalia, keski-syvyys on noin seitsemän metriä. Päijänteen Ristiselällä on 96 metrin syväne. Toiseksi syvin kohta on Inarilla (92 m) ja kolmanneksi syvin Suvasvedellä (90 m). Yli 70 metrin syvyys on löydetty yhdestätoista järvestä, yli 30 metrin syvänteitä on vain 2,5 % järviolasta. Toisaalta on järviä, joiden keskisyvyys on alle metrin kuten Ullavanjärvi Keski-Pohjanmaalla (13 km<sup>2</sup>) ja Satakunnan lintujärvi Koskeljärvi (8 km<sup>2</sup>).

Suomen järvien ja jokien luonne johtuu geologisista oloista ja vesistöjen syntyvaiheista. Maamme on verraten tasaista ja vesistöjen korkeuserot vähäisiä. Järvi-Suomen keskusjärvet ovat noin 76—78 metriä merenpinnasta ja latvajärvetkin vain 100—150 metrin korkeudella. Jokiemme keskimääräinen kaltevuus on alle metrin pituuskielometriä kohti.

## Jääkausi synnytti Suomen järvet

Järvialueen kallioperä on suurin piirtein tasaista, mutta yksityiskohdissa hyvinkin rikkonaista. Jääkauden aikaan 8 000—10 000 vuotta sitten ohuet irtotiet maalaajat kasautuivat oikeukkaasti kallioperän päälle. Reittivesistömme syntyivät veden kerääntyessä maanpinnan

painanteisiin. Maankohoaminen luoteessa enemmän kuin kaakossa on suuresti muuttanut ja muuttaa edelleen vesistöjemme karttaa. Esimerkiksi Kymijoen ja Vuoksen vesistöt laskivat noin vuoteen 4 000 e.Kr. saakka Pohjanlahteen nykyistä Kalajokea pitkin.

Lapissa jääpeite hävisi tasaisemmin, eikä irtonaisia maalajeja kasautunut yhtä paljon kuin esimerkiksi Järvi-Suomessa. Niinpä Lapin joet kaartelevat ikivanhoissa uomissaan suurpiirteisen maiseman syvänteissä. Suomenlahden ja Pohjanlahden rannikolla taas irtonaisia maalajeja on tasaisemmin ja paksummin kuin järviolueella. Näin joet ovat kenneet syöpymään uomiinsa.

## Järviemme tilavuus pieni

Järviemme mahtuu vettä noin 230 km<sup>3</sup>. Saman verran sataa Suomen alueella vuodessa. Vuotuudesta sademäärästä eli noin 600 millimetristä haihtuu puolet, joten vesistöjen kautta meriin virtaa vuodessa noin 3 100 m<sup>3</sup> vettä.

Vuoden sademäärästä tulee lumena etelässä noin kolmannes ja pohjoisessa jopa kaksi kolmannesta. Lumien sulaessa huhti-toukokuussa on vesistöis-sämme eniten vettä. Virtaaman vaihtelut ovat yleensä sitä suurempia, mitä vähemmän vesistössä on järvipinta-alaa.

## Pohjavesivarat suuremmat kuin järvidesivarat

Pohjavesi muodostuu sadeveden imeytyessä maaperään. Paikoitellen myös pintavesistä imeytyy vettä. Pohjavesi on meillä yleensä lähellä maanpintaa, loivalla moreenialueella yleensä 3—6 metrin syvydessä. Korkeissa soraharjuissa pohjavesi saattaa olla useiden kymmenien metrien syvydessä. Suomen kallioperässä, vaikka onkin kovaa ja vettäläpäisemätöntä, on

kuitenkin runsaasti rakoja, halkeamia ja ruhjevöhykkeitä. Niissä on pohjavettä moninkertainen määrä harjujen pohjaveden määrään verrattuna. Harjuissa oleva pohjavesi on kuitenkin tärkeintä vedenhankinnan kannalta.

### **Vesistömme luonteeltaan karuja**

Vähäiset ravinnemäärät ja viileä ilmastomme pitävät vesistömme yleisesti karuina. Kun maapinta-alasta lähes kolmannes on suota, värjää niiltä runsaana tuleva humus vetemme kellan- tai tummanruskeaksi. Jos hiekka tai moreeni ovat maaperän vallitsevina maalajeina, saattavat vedet olla täysin kirkkaita. Eniten kirkkaita vesiä on Salpausselän alueella ja tunturialueilla. Luonnostaan reheviä vesistöjä on lähes yksinomaan eteläisen rannikkoalueen savikkovöhykkeellä.

Järviemme mataluus, hidas veden vaihtuminen sekä pitkä jääpeitteinen aika huonontavat järvien kykyä hajottaa veteen joutuvaa happeakuluttavaa ainesta. Järvien pohjan lähellä olevien vesikerrosten vähähappisuus on yleistä. Järvemme kestävät huonosti jätevesien kuormitusta. Rannikkoseutujen joille on ominaista suuret virtaamien

ja veden laadun vaihtelut. Usein ne ovat savesta sameita tai voimakkaasti humuspitoisia.

Luonnontilaan verrattuna vesistöjen ja myös rannikkovesiemme tila on heikentynyt erityisesti teollisuuden kehittymisen, taajama-asutuksen kasvun ja maatilatalouden tehostumisen myötä. Kahden vuosikymmenen aikana suoritettu määrätietoinen vesiensuojelutyö on tuottanut tuloksia, ja vesien pilaantuminen on pysähtynyt. Monin paikoin on veden laatu jopa parantunut.

### **Vesivarojamme käytetään**

Vesistömme ovat vaikuttaneet asutuksen ja talouselämän kehittymiseen. Vesistöt olivat muinoin ihmisen oivallisia taivallus- teitä niin kesällä kuin talvella. Kun vesistöt lisäksi tarjosivat särvintä, ihmiset asettuivat asumaan vesistöjen varrelle. Kaupapaikat ja kaupungit syntyivät jokien suihin ja vesistöjen solmu- kohtiin.

Vesiteitä parannettiin aluksi venereiteiksi ja viime vuosisadan alkupuolelta lähtien myös laiva- ja uittoväyliksi. Pisimmät laivareitit ovat Vuoksen vesistössä, joka on Saimaan kanavan kautta yhteydessä myös mereen.

Viitoitettuja laivareittejä on si-

sämaassa 6 100 km. Vesiliikenteen lisäksi puutavaran uitto on ollut ja on vieläkin vesiteiden suuri käyttäjä. Vielä 1950-luvulla uitettiin laajasti pienissä jokivesistöissä ja puroissa. Parhaimmillaan irtouittoväylää oli käytössä 40 000 km. Tiestön ja maakuljetusten kehittyminen on lopettanut irtouiton muista kuin Kemijoen ja Iijoen vesistöistä. Sen sijaan nippu-uitto on merkittävä kuljetusmuoto erityisesti Saimaalta ja Päijänteeltä. Noin 15 % teollisuuden tarvitsemasta puutavarasta kuljetetaan uittamalla. Uusittu Saimaan kanava on virkistänyt laivaliikennettä Saimaan alueella. Muualla laivaliikenne on nykyisin pääasiassa virkistyskäyttöä.

### **Vesivoima pyöritti aluksi myllyjä**

Koskista saatava voima määräsi aiemmin teollisuuden sijoittumisen. Myllyjä on pyöritetty maassamme vesivoimalla ainakin 1300-luvulta lähtien. Teollisen

*Järvisokkeloa Linnansaaren kansallispuistosta.  
Kuva Arto Hämäläinen/LKA*





kehityksen alkuvaiheessa 1600-luvulla koskien voima käytti palkeita ja vasaroita rautaruukeilla. Vesivoiman lisäksi oli tärkeää myös vesistöjen kulkukelpoisuus niin raaka-aineille kuin tuotteille. Vesivoima, hyvät puutavaran uittomahdollisuudet sekä prosessivesitarpeen tyydyttämisen määräisivät myös puunjalostusteollisuuden syntypaikat. Vaikka voiman siirto ja maaliikenne ovat kehittyneet, suuret puunjalostustehtaat ovat prosessitarpeensa tyydyttämiseksi edelleen vesistöjen rannoilla.

Suomen vesistöjen rakennuskelpoinen vesivoima on arvioitu 18 Terawattitunniksi (1 TeraWh =  $10^9$  kWh) vuodessa. Imatran voimalaitos tuottaa yhden Terawattitunnin vuodessa. Vesivoimasta on rakennettu noin 12 Terawattituntia vuodessa vastaava määrä. Nykyisin se on vajaa kolmannes tuotetun sähkön kokonaismäärästä. Vesivoiman merkitys on kuitenkin suurempi kuin sen osuus kulutuksesta mm. helpon säädettävyytensä ansiosta.

Mikään erityinen vesivoimaa Suomi ei ole. Ruotsissa on vesivoimaa viisi kertaa ja Norjassa kymmenen kertaa enemmän. Korkeudet ovat naapurimaissamme suurempia ja sateet runsaampia kuin meillä.

### Vedenhankinta tärkein käyttömuoto

Vesivarojen tärkein käyttö kohdistuu asutuksen vedenhankintaan. Noin 80 % väestöstä saa vetensä yhteisistä vesilaitoksista. Asutuksen vedenhankinnassa on pyritty siirtymään hyvälaatuisen ja turvallisen pohjaveden käyttöön. Noin puolet yhdyskuntien vesilaitosten käyttämästä vedestä on pohjavettä.

Pintavettä käytetään raakavetenä lähinnä suurissa kaupungeissa kuten Helsingissä, Turussa, Tampereella, Kotkassa, Kuopiossa, Jyväskylässä, Vaasassa ja Oulussa.

Teollisuuden vedenkäyttö on viisi kertaa suurempi kuin asutuksen. Tämän lisäksi teollisuus käyttää kaksinkertaisen määrän merivettä lähinnä jäähdytykseen. Suomessa on kuitenkin riittävästi vettä kaikille. Ongelmana on se, että parhaat pinta- ja pohjavesivarat ovat usein kaukana tiheimmin asutuilta paikoilta. Esimerkiksi Helsingin seudun

vedensaannin turvaamiseksi on jouduttu rakentamaan 120 km:n pituinen kalliotunneli Pääjanteen Asikkalanselältä Helsinkiin.

Vesistöjen kalansaaiais on noin 150 milj. kiloa vuodessa. Sisävesiltä tästä saadaan noin 35 milj. kiloa. Kalastusta harjoittaa noin 650 000 yli 18-vuotiasta henkilöä. Pääammattikalastajia näistä on vain noin 2 000 ja sivuammattikalastajia 5 000. Vaikka kalastuksen merkitys elinkeinona on vähentynyt, on virkistyskalastuksen arvo lisääntynyt. Kalatalouden kokonaiskuva on suuresti muuttunut kalankasvatuksen johdosta. Nykyisin puhtaiden vesien äärellä kasvatetaan 10 milj. kiloa kirjolohta eli merkittävä osa ihmisravinnoksi käytettävästä kalasta.

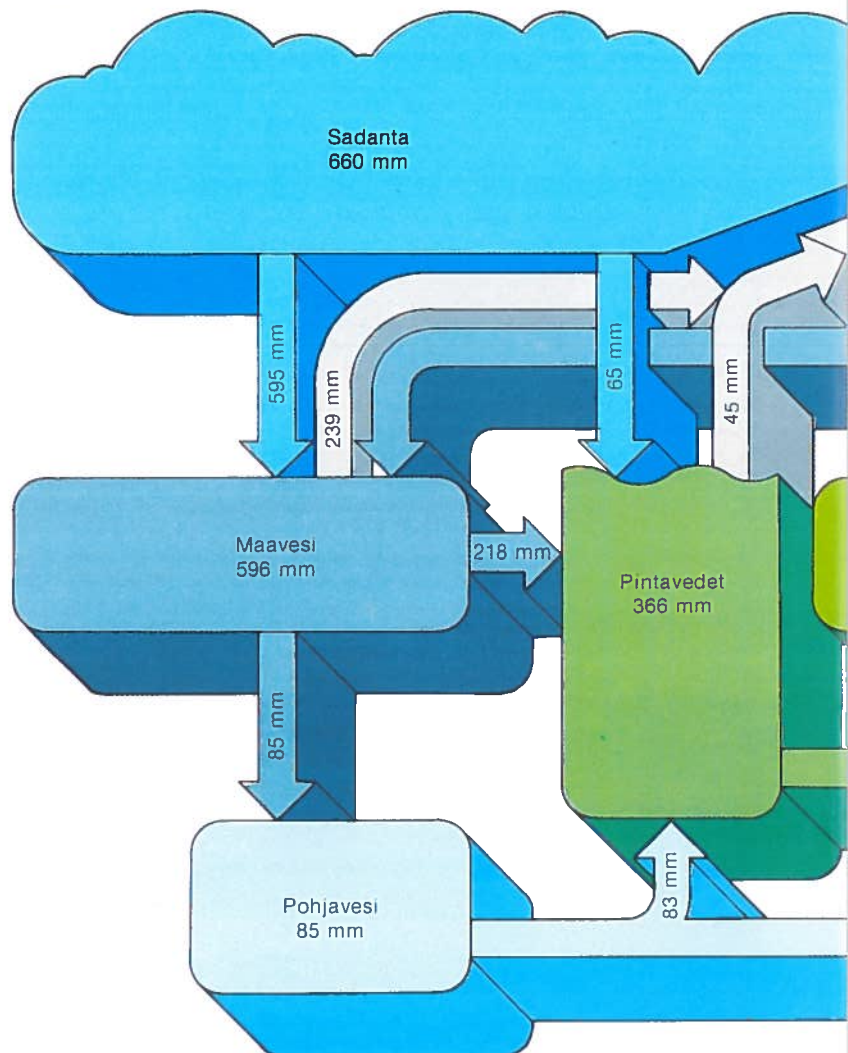
### Kuivatusta ja tulvasuojelua

Viljelysmaan valtaaminen vedel-

tä, vesiperäisten maiden kuivataminen ja tulvien alentaminen on vanhimpia vesirakennustoista. Suomessa laskettiin erityisesti 1800-luvulla järviä valtioon ohjauksessa. Yli 700 järven tiedetään lasketun. Vasta sotien jälkeen laskut loppuivat, kun vesien ja rantojen muitakin käyttömuotoja alettiin arvostaa.

Tulvasuojelun tarvetta on ollut Pohjanmaan vähäjärvisien jokien varsilla. Mittavia töitä on suoritettu 1950-luvulta lähtien jokien vesistötalouden parantamiseksi. Perkausten lisäksi on tehty mm. tekojärviä, pengerryksiä, pumppuamoita ja patoja. Suunnitelmilla on pyritty saamaan hyötyä useille etupiireille. Viljelysaloja on voitu parantaa 40 000 hehtaarilla. Työt ovat kuitenkin vielä kesken.

Tulvasuojelua tarvitaan lisäksi etelärannikon jokivesistöissä, Kokemäenjoella ja Kymijoen alueella.



## Vesistöt kuuluvat elämänmuotoomme

Ranta on aina ollut olennainen osa suomalaisesta maisemasta. Veden äärelle asetuimme asumaan ja kautta aikojen hakeneet virkistystä sieltä. Siirtyminen taajama-asutukseen ei ole hävittänyt rakkauttamme vesiin. Yli 300 000 kesämökkiä ja vapaa-ajan asuntoa vesien varsilla on siitä vakuuttava todistus.

Vesien monipuolinen virkistyskäyttö on lisääntymässä. Samalla tarve hoitaa vesistöjä, kunnostaa vesiä, lisätä kalakantaa, parantaa vene- ja melontareittejä jne. lisääntyy. Vaikka vesistöjen virkistyskäyttö ei ole vailla haittavaikutuksia, on luonnon ymmärtäminen ja kunnioittaminen kasvanut niin, että vesien tulevaisuus terveellisenä, virkistävänä ja viihtyisenä ympäristönä on turvattu. ■

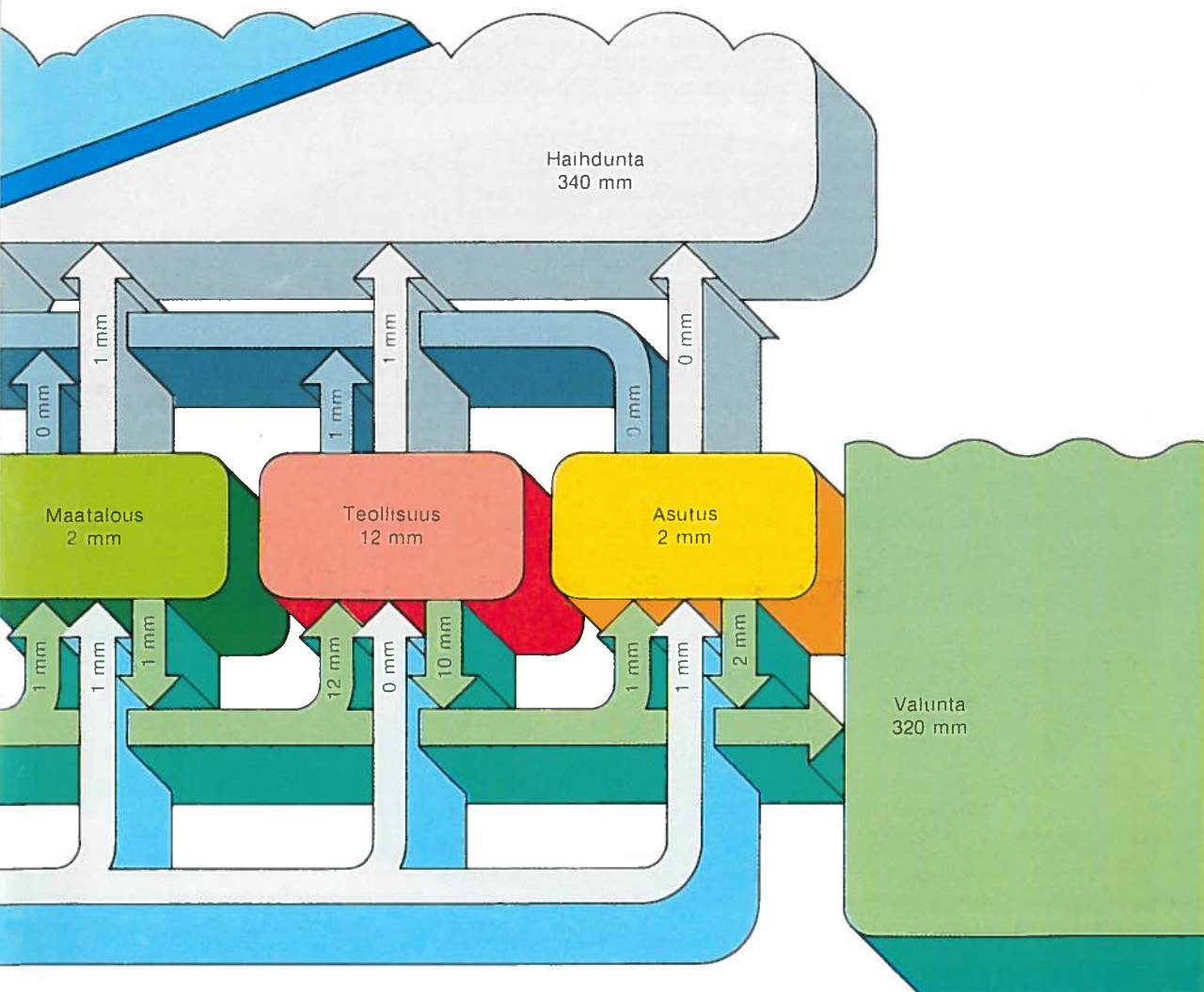
## MITEN VESI SUOMESSA KIERTÄÄ?

Esko Kuusisto

Suomen alueelle satoi keskimäärin 660 mm vuodessa havaintojakson 1961—1975 aikana. Maahan sataneesta vedestä haihtui takaisin ilmakehään 340 mm. Valtameriin tai valtakunnan rajojen yli valui 320 mm. Kuva kertoo, miten vesi liikkui matkallaan Suomessa.

Sadevedestä 595 mm tuli maanpinnalle ja 65 mm suoraan vesistöihin. Maanpinnalta vesi haihtui, valui vesistöihin tai suotautui pohjavedeksi, joka sekin myöhemmin purkautui vesistöihin.

Entä ihmisen osuus? Suomessa sadevesi antaa yleensä kasveille riittävästi kosteutta. Kuitenkin ihminen käytti maataloudessa vettä määrän, joka vastaa 2 millimetrin vesikerrosta vuodessa Suomen koko alalle levitettynä. Teollisuudessa käytettiin vettä 12 mm, lähinnä jäähdytysvedeksi. Asutuksen vedenkäyttö oli noin 2 mm. Suuri osa ihmisen käyttämästä vedestä palautui vesistöihin, valitettavasti usein laadultaan huonompaa kuin ennen.





# MAAPALLON VESIVARAT JA NIIDEN KÄYTTÖ

Risto Lemmelä

**Ihmiskunta on perustamassa pysyviä toimintoja avaruuteen. Avaruuden valloittajien vesihuolto tarvitsee maapallomme vesivaroja, sillä aurinkokuntamme muilta planeetoilta vesi-kehä puuttuu.**

Maapallon sijainti Auringon suhteen on mahdollistanut sen, että vesi on maassa nestemäisessä muodossa. Jos maapallo olisi 10 % lähempänä Aurinkoa, haihduttaisi Auringon lämpö kaiken veden kaasumaiseksi ilmakehään. Jos taas Aurinko olisi 10 % kauempana maasta, olisi maan pinnalla päättymätön jääkausi.

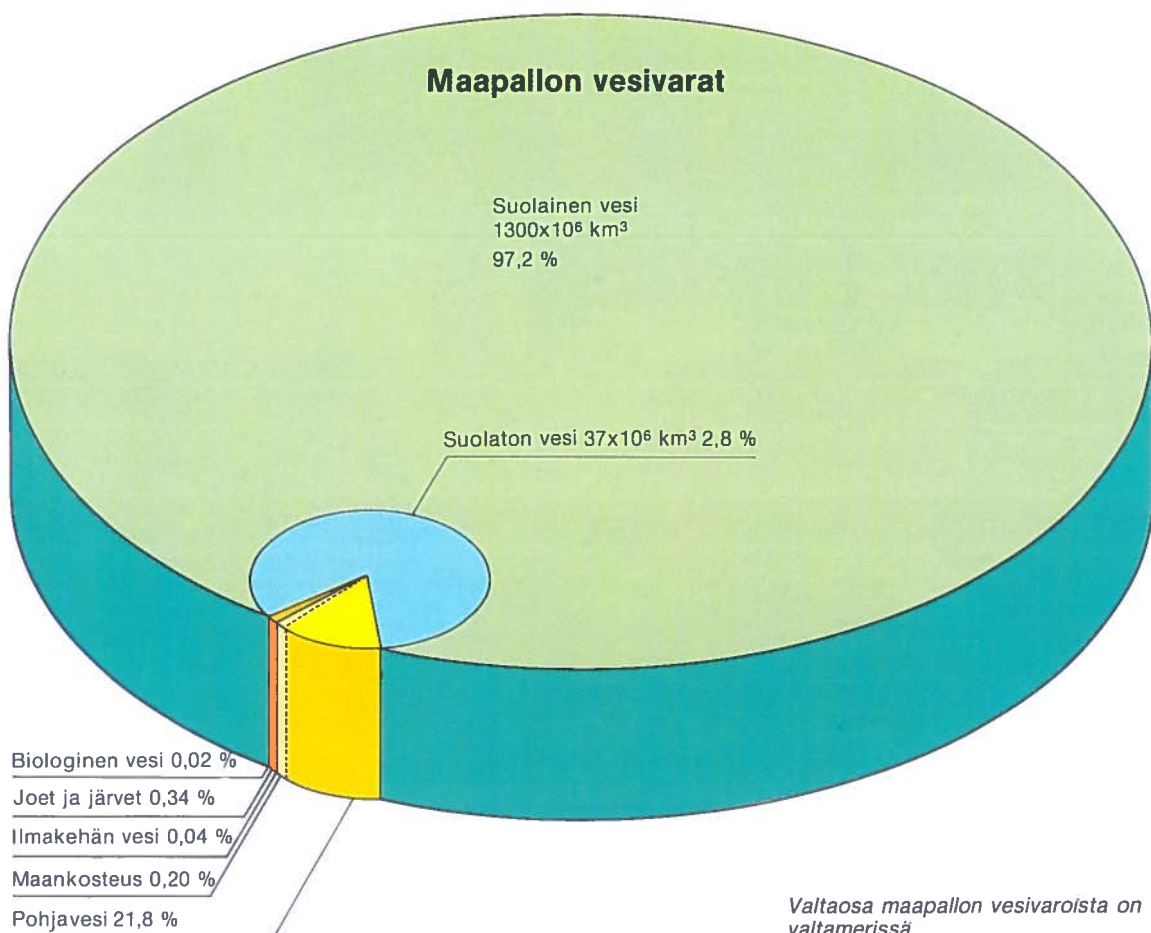
**Valtaosa vesistä valtamerissä**  
Valtaosa maapallomme vesistä

on valtamerissä. Se on suolaista vettä, joka peittää maapallon pinnasta noin 70 %. Suolatonta, ihmiselle välttämätöntä vettä on paljon vähemmän.

Veden riittävyyttä eivät ihmiskunnan tulevaisuuden ennustajat ole pitäneet kehityksen jarruna. Tilastojen mukaan uusiutuvia vesivaroja on maapallolla keskimäärin 10 000 l jokaista ihmistä kohti päivittäin. Käytössä tästä on vain noin 500—700 lit-

raa. Suomessa luvut ovat vieläkin suuremmat: jokaista asukasta kohti on käytettävissä 60 000 litraa vettä vuorokaudessa. Käytämme tästä vain muutaman prosentin.

Edellä esitettyjen lukujen valossa näyttää maapallon vesivarojen käyttöaste pieneltä. Turvallisen veden riittävyys maapallon joka kolkkaan on kuitenkin tilastollinen harha. Virtaamat vaihtelevat vuodenajan mukaan, vesivarat ovat epätasaisesti jakautuneet, ja ihmiskunta on itse liannut käyttössään olevia vesivaroja. Lähes päivittäisiä veteen liittyviä uutisia saadaan eri puolilta maailmaa: kuivuus, tuhoisat



*Valtaosa maapallon vesivaroista on valtamerissä.*

tulvat ja saastuneen veden aiheuttamat sairaudet tappavat vuosittain miljoonia ihmisiä.

Käytettävissä olevien vesien määrään voidaan vaikuttaa mm. huolehtimalla vesivarojen käytökelpoisuudesta, säännöstelemällä vesistöjä tai johtamalla vettä puutealueille sieltä, missä vettä on runsaasti.

### Vesi on välttämättömyys

Vesi on ihmiselle yhtä välttämättöntä kuin happi, jota hengitämme. Lisäksi monet jokapäiväiset toiminnot ovat riippuvaisia veden kiertokulusta luonnossa: maatalous, teollisuus, voimantuotanto, liikenne ja vesihuolto.

Ihmisen välitön päivittäinen vedentarve on noin 0,7 litraa. Leipäjauhokilon tuottamiseen tarvitaan 1500—2000 litraa vettä, lihakiloon jo noin 30 000 litraa. Terästonnin valmistamiseen kuluu 100—300 tonnia vettä, ja sanomalehtipaperitonnia varten tarvitaan 250—500 tonnia.

Maapallolla käytetystä vedes-

tä yli 80—90 % kuluu maataloudessa välttämättömään kasteluun. Loput 10 % käytetään lähinnä asutuksen ja teollisuuden vesihuoltoon.

### Maailman vesivaroja tutkitaan

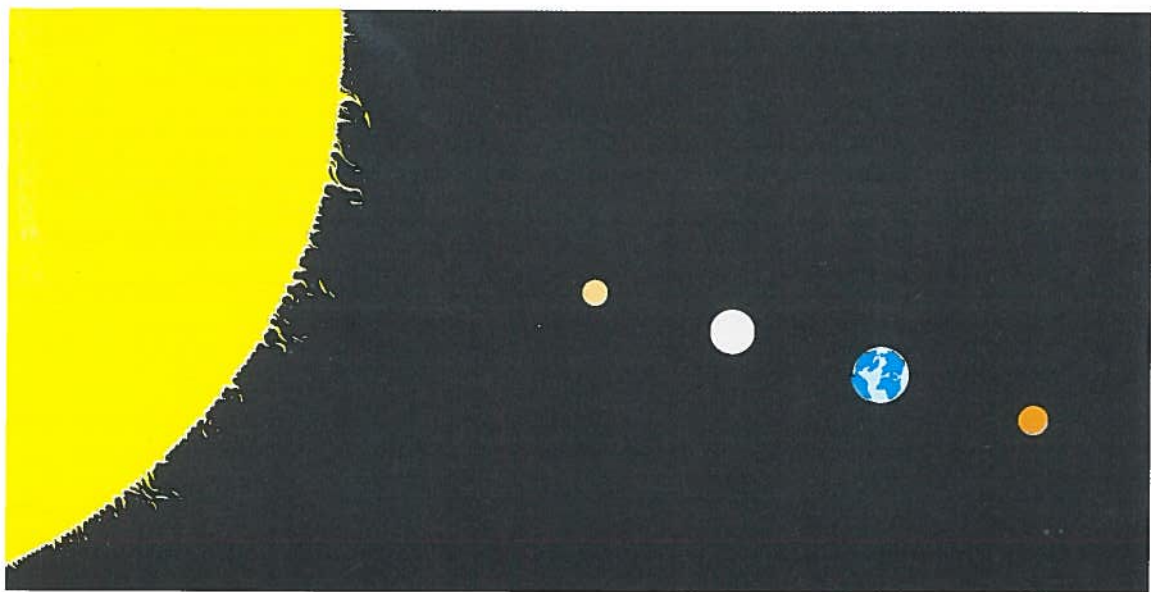
Vaikka valtaosa maapallon vesistöistä on vielä luonnontilaisia ja puhtaita, ovat ihmiskunnan vesiongelmat silti suurimmalta osaltaan laadullisia. Esimerkiksi kehittyneiden maiden ulkopuolella vain noin kolmanneksella väestöstä on turvattu vesihuolto. Kaikkiaan noin 2000 miljoonan ihmisen vesihuolto ja hygienia ovat ratkaisematta. Maailman terveysjärjestön (WHO) mukaan vedellä on merkittävä osuus noin 80 %:ssa kaikista tunnetuista sairauksista.

Yhdistyneitä Kansakuntia erityisjärjestöineen perustettaessa ei maapallon vesiongelmia pidetty niin laajoina, että pelkästään vesikysymyksiin keskittyvän erityisjärjestön perustaminen olisi ollut aiheellista. Vesialan tutki-

musta koordinoidaankin kaikissa YK:n tärkeimmissä järjestöissä samoin kuin monissa ulkopuolisissakin järjestöissä.

Yhdistyneiden kansakuntien merkittävin vesitutkimusta edistävä hanke on ollut UNESCO:n 1965 aloittama kansainvälinen hydrologinen ohjelma. Se on selvittänyt maapallon vesivaroja ja niiden vaihteluita, tutkinut ihmisen toiminnan aiheuttamia muutoksia, kehittänyt alan kansainvälistä yhteistoimintaa sekä kouluttanut kehitysmaiden vesitutkijoita. Ohjelmaan ovat UNESCO:n lisäksi ottaneet osaa mm. Maailman elintarvike- ja maatalousjärjestö FAO sekä Maailman ilmatieteen järjestö WMO.

Parhailaan on meneillään Yhdistyneiden Kansakuntien julistama Kansainvälinen vesihuollon vuosikymmen 1981—1990. Sen päätavoitteena on taata puhdas juomavesi ja kunnolliset käymälät maapallon kaikille asukkaille vuosikymmenen loppuun mennessä. ■



### Aurinkokunnan ja eräiden planeettojen ilma- ja vesikehät

	Merkurius	Venus	Maa	Mars
Etäisyys auringosta (kmx10 <sup>6</sup> )	58	108	150	228
Pintalämpötila	167°C	457°C	15°C	—54°C
Ilmapaine	10 <sup>15</sup>	90	1	7x10 <sup>3</sup>
Ilmakehän koostumus	98 % He 2 % H <sub>2</sub>	96 % CO <sub>2</sub> 3 % N <sub>2</sub>	77 % N <sub>2</sub> 21 % O <sub>2</sub>	95 % CO <sub>2</sub> 3 % N <sub>2</sub>
Vesihöyrypitoisuus	—	100 ppm	10 000 ppm	300 ppm
Pilvien koostumus	—	riikkihappo	vesi	pöly
Hydrosfäärin olomuoto	ei ole	vesihöyrynä	nestem.	kiinteänä

# VESISTÖ EKOSYSTEEMINÄ

Jouko Sarvala

**Vesistöt erottuvat selvärajaisina ympäröivästä luonnosta: maan ja veden sekä ilman ja veden raja on jyrkkä. Tosiasiassa vesistö on muiden luonnon yhteisöjen tapaan yhteydessä ulkomaailmaan.**

Vesistön laatuun ja samalla vesiekosysteemin rakenteeseen vaikuttavat valuma-alueen koko sekä sen maaperän ja kasvillisuuden laatu. Nämä vaikuttavat vesistöön valuvien vesien laatuun. Ravinteita valuu vesistöön sitä enemmän, mitä ravinteikkaampaa ympäröivä maaperä on. Suomen järvien yleinen piirre, ruskeavetisyys, johtuu maaperästä uuttuneista humusaineista. Oikeastaan vasta koko valuma-alue maa-alueineen, virtaavine vesineen ja järvineen on vesiekosysteemi, elävän ja elot-

toman luonnon toiminnallinen kokonaisuus.

Valuma-alueen koko ja sinne tuleva sademäärä vaikuttavat veden viipymisaikaan vesistössä. Veden viipymisaika vaikuttaa vesistön ravinnetalouteen. Esimerkiksi jätevesien tuoma ravinnelisäys vaikuttaa enemmän järvissä, joissa vesi viipyy kauan kuin järvissä, joiden viipymä on lyhyempi.

Suurissa järvissä vesi viipyy useita vuosia. Toisen äärimmäisyyden muodostavat virtaavat vedet. Jokijaksolla vesi viivähtää

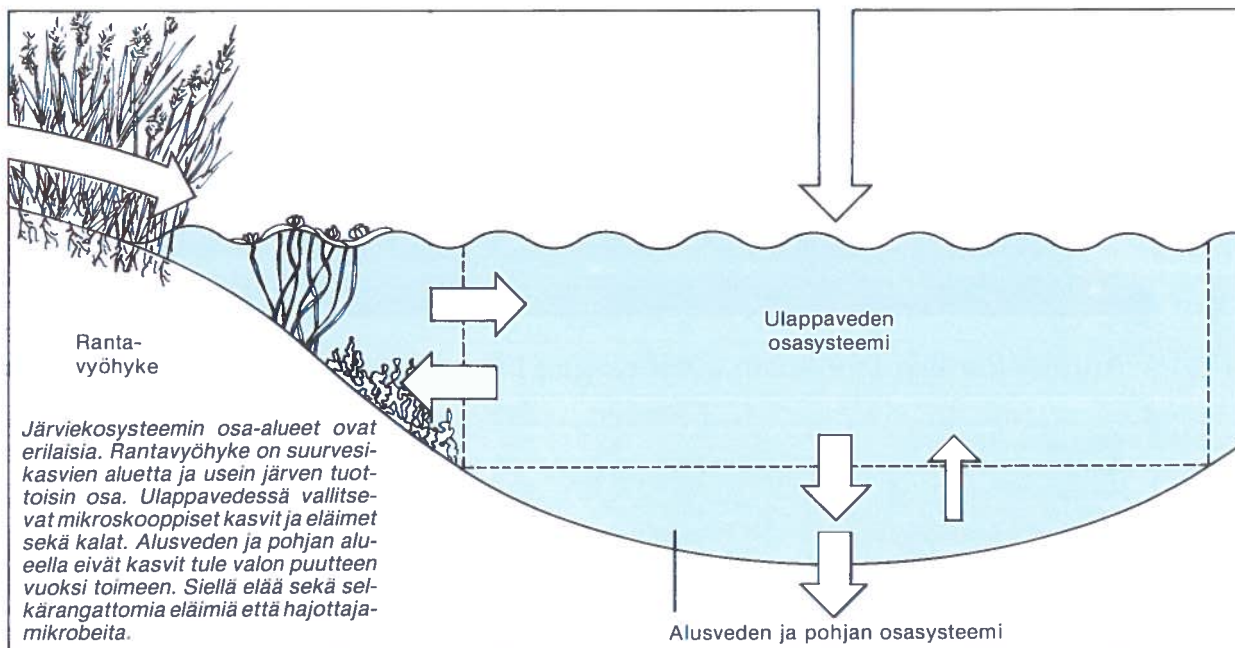
muutamia päiviä tai viikkoja, yhdessä koskessa vain muutaman sekunnin.

## Miten ekosysteemi toimii?

Vesiekosysteemi toimii elollisen luonnon ja elottoman ympäristön vuorovaikutussuhteena. Ekosysteemin toiminta voidaan pelkistää aineiden kierroksi elollisten osakkaiden ja elottomien osien välillä. Kiertokulkua pitää yllä vesiekosysteemin ulkopuolinen energianlähde, auringon valo.

Uuden elollisen materiaalin rakennusaineet ovat hiili ja ravinteet veden lisäksi. Hiiltä liukenee suoraan ilmakehästä. Ravinteita virtaa vesistöön valumavesien ja sadeveden mukana.

Energiaa hukkautuu, kun elolli-





nen luonto hengittää. Myös las-  
kujokien mukana vesiekosyste-  
mistä poistuu niin energiaa kuin  
ainettakin. Myös kuoriutuvan  
hyönteisen tai saaliskalan muka-  
na katoaa vesistöstä ainetta ja  
energiaa. Melkoinen osa hautau-  
tuu pysyvästi pohjakerrostu-  
miin.

Veden liikkeet ovat ratkaisevia  
vesien elämän kannalta. Veden  
kierrot järvestä tasaavat liuen-  
neiden aineiden pitoisuuksia,  
kuljettavat happea pintavedestä  
pohjan lähelle ja alusveteen va-  
jonneita ravinteita takaisin valoi-  
saan pintakerrokseen kasvien  
ulottuville.

Yleensä suomalaisten järvien  
vesi sekoittuu kaksi kertaa vuo-  
dessa kokonaan. Keväällä ja  
syksyllä tapahtuu täyskierto,  
kun vesi on pinnasta pohjaan ta-  
salämpöistä. Kesällä järveen  
muodostuu lämmin päälysvesi-  
kerros, jossa vesi on alapuolella  
olevaa kylmempää vettä ke-  
vyempää. Päälysvesikerros pys-  
yy alusvesikerroksen päällä.  
Talvella vesi on kylmintä heti  
jään alla ja lämpimintä, lähes ne-  
liasteista, pohjan lähellä.

#### Vesiekosysteemin osakkaat

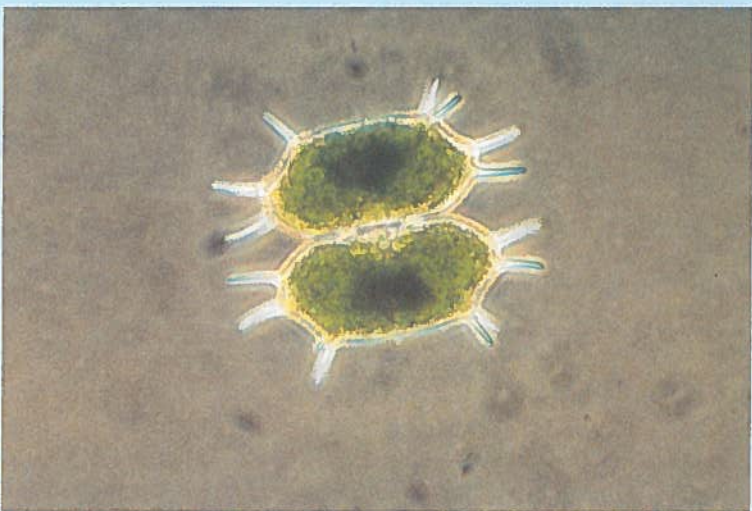
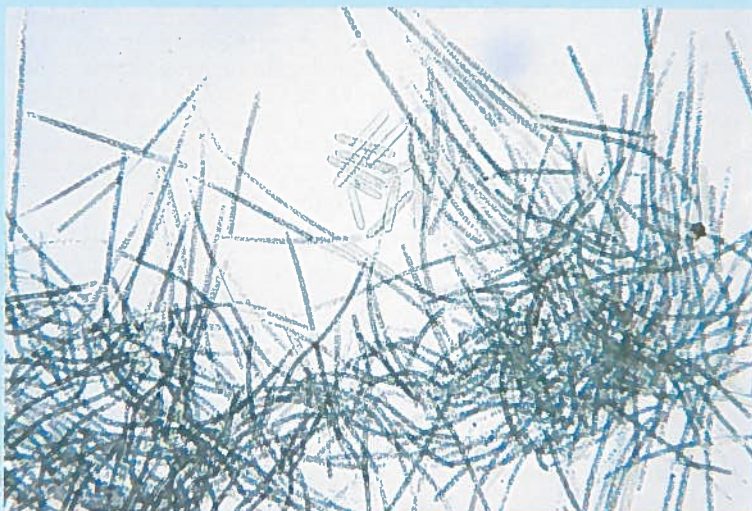
Auringon energia ylläpitää elä-  
mää. Sitä on tarjolla rajoitetusti,  
sillä veteen tunkeutunut valo vai-  
menee nopeasti. Osa säteistä  
heijastuu jo pinnasta. Säteet  
ulottuvat pohjaan vain matalas-  
sa vedessä, sitä syvemmälle,

## VIHREÄT KASVIT OVAT PERUSTUOTTAJIA

Ulappavedessä on vain keijuvia  
leviä, kasviplanktonia, jonka va-  
rassa koko perustuotanto on.  
Koska ne ovat pieniä, ne pysyvät  
valaistussa pintakerroksessa  
vain pyörrevirtausten ansiosta.  
Useilla on keijuntaa helpottavia  
ulokkeita tai vettä kevyempiä ai-  
neenvaihduntatuotteita.

Levien biomassassa on pieni,  
mutta se uudistuu nopeasti. Leh-  
tivilhreän määrä jää suurimmi-  
laankin murto-osaan maaeko-  
systeemin lehtivihreämäärästä.

Rantojen ja matalien vesialu-  
eitten suuret vesikasvit ovat ve-  
siekosysteemin tehokkaimpia  
tuottajia. Kivillä, kasvien pinnalla  
ja pohjan päällä elää lisäksi suuri  
joukko mikroskooppisen pieniä  
päälys- ja pohjaleviä. Nämä ovat  
sopeutuneet niukempaan valais-  
tukseen kuin sukulaisensa ulap-  
pavesissä. Etunaan rannan mik-  
roskooppisella levästöllä on  
pohjaliejun tarjoamat runsaat ra-  
vinteet.



Järviekosysteemin tuottajista tutuimpia ovat rannan suurvesikasvit, mutta ulappaveden perustuotannosta vastaavat mikroskooppiset kasviplanktonilevät. Ylhäällä *Aphanizomenon*-sinilevää (kuva P-G Wikström/LKA) ja alhaalla *Xanthidium*-koristelevä (kuva Tore Lindholm).

mitä kirkkaampaa vesi on.

Aurinkoenergiaa sitovat rannoilla kasvavat suurkasvit, mikroskooppisen pienet päälyys- ja pohjalevät sekä vapaan veden pienet planktonlevät. Monimuotoinen kuluttajien joukko elää näiden kasvien tuotannon varassa: pohjaeläimet, planktoneläi-

met, kalat, linnut ja vesinisäkkäät sekä bakteerit ja sienet.

Keskikokoisessa suomalaisessa järvessä voi elää tuhat eliölajia. Tuhatlajisen ekosysteemin toiminnan ymmärtäminen on vaikeaa. Siksi samalla tavalla toimivat, esimerkiksi samanlaisia ravintoa syövät lajit yhdiste-

tään ryhmiksi. Perustuottajat ovat yhteyttäviä kasveja, ensimmäisen asteen kuluttajat ovat kasvissyöjiä, toisen asteen kuluttajat lihaasyöviä petoja.

Jokainen tuotantotaso kuluttaa osan energiastaan omien elintoimintojensa ylläpitämiseen. Seuraavalla kuluttajatasolla on vähemmän energiaa käytettävissään. Esimerkiksi kasviplanktonia syöville planktonpedoilla on käytettävissään vain 15–20 % kasviplanktonin energiasta ja tästä puolestaan 10–15 % joutaa seuraavalle tasolle. Tuotantotasojen määrä ekosysteemeissä ei siksi voi olla kovin suuri, tavallisesti 4–5.

Luonnossa kullakin lajilla on kuitenkin omat ravinnonkäyttötapaansa ja mieluutensa. Selkeitä ja yksinkertaisia ravintoketjuja ei luonnossa yleensä ole, vaan lajien väliset suhteet ovat monimutkaisia. Syntyy ravintoverkko, jossa lajit käyttävät useamman tuotantotason eliöitä ravintonaan. Esimerkiksi planktoninsyöjäkalat syövät mieluiten suuria planktoneliöitä. Siten niiden ruokalistalla voi olla sekä isoja kasvissyöjiä että petoja.

### Ranta, pohja ja ulappa — järven osasysteemit

Avoin ulappa on yhtenäinen elinympäristö. Sitä rikkonaisempi on suurkasvillisuuden peittämä rantavyöhyke. Ulapan syvillä, kasvittomilla pohjilla on myös elämää. Rantakasvillisuuden ja syvien pohjien välille jää vyöhyke, missä eläinten lisäksi tulevat toimeen mikroskooppiset pohjaan kiinnittyvät levät.

Koko järven luonteeseen vaikuttaa osasysteemien kokosuhteet. Järvet eivät ole joka osasta yhtä reheviä. Ulappa voi olla hyvinkin karu, mutta jokisuussa tai lahdenpoukamissa voi olla reheviäkin kasvustoja.

Osasysteemien rehevyyteen vaikuttaa eniten pohjaan saakka valaistun vyöhykkeen osuus koko järvipinta-alasta. Tämä on samalla ulapan tuottavan kerroksen osuus järven koko tilavuudesta. Myös ilmavarojen kasvien osuus koko pinta-alasta vaikuttaa järven eri osien tuottavuuteen.

Rantojen tuottavuuteen vaikuttaa järvioltaan muoto ja rantojen laatu: kalliorannat ovat karuja, savirannat reheviä. Jos vesistö on vähäravinteinen, ulapan

## SEKÄ ELÄIN ETTÄ KASVI MESODINIUM RUBRUM

Tore Lindholm

Niin valtamerissä kuin Itämeressäkin elää pieni planktoneliö, *Mesodinium rubrum*. Se kuuluu ripsieläinten (Ciliata) ryhmään, joita se päältä katsoen muistuttaa. Ripsieläinten tapaan *Mesodinium* on vilkas: se voi uida 200 kertaa oman pituutensa sekunnissa. Matka on mahtava eliölle, joka on vain 0,03 mm pitkä.

Sisältä *Mesodinium rubrum* kuitenkin on planktinen levä. Se ei tietävästi syö mitään, vaan on jopa erittäin tehokkaasti yhteyttävä lehtivihreällinen kasvi. Siten se on täysin riippuvainen aurinгон valosta ja veteen liuenneista ravinteista.

### Ainutlaatuinen symbioosi

*Mesodinium rubrum*in leväosakas on surkastunut, mutta silti toimiva. Vastaavaa vapaana elävää levää ei tunneta. Voidaan

olettaa, että levän ja ripsieläimen symbioosi on hyvin vanha. Koska *Mesodinium* on sekä erittäin nopea että erittäin hauras, ei sen biologiaa täysin tunneta; sitä on vaikea tutkia! Surkastuneen suun kohdalta löydettiin viime vuonna uusi solukomponentti, "mikrorengas", jonka tehtävää ei vielä tunneta.

### Punainen vesi

Valtamerissä punainen vesi eli "red tide" -ilmiö on paikoin varsin yleinen. Usein sen aiheuttaa *Mesodinium rubrum*, tai jokin panssarisiimalevä. Meidänkin saaristovesissämme veden väri on joskus tummanruskea tai selvästi punertava. Tällöinkin kyseessä on runsaana kasvava *Mesodinium rubrum*, jossa on paljon erästä punaista väriainetta, fykoerytriiniä. Rubrum-sana tarkoittaaakin punaista.



*Mesodinium rubrum*. Kuva Tore Lindholm.



tuottajat ovat tärkeimpiä. Viljavien seutujen loivarantaisissa vesissä suurvesikasvillisuus voi olla merkittävämpää.

### Virtaavat vedet erilaisia

Joissa ja puroissa elämää hallitsee veden yksisuuntainen virtaus. Se kuljettaa mukanaan liu-

enneet ja liettyneet ainekset samoin kuin vapaana leijuvat planktoneliötkin. Kasviplanktonin ja suurvesikasvien tuotanto onkin pientä hitaasti virtaavia, järvimäisiä suvantoja lukuun ottamatta.

Rikas kalasto elää pohjaeläimistön varassa. Tämä taas saa

ravintonsa pääasiassa maalta tulevana aineena, esimerkiksi puiden lehdistä.

Virtaavassa vesiekosysteemisissä kiertävät ainekset kulkeutuvat alajuoksulle ja päätyvät mereen. Osa voi jäädä pohjaliejuun, jota muodostuu suvantoihin ja järvioltaisiin. ■

## KULUTTAJAT - TUOTANNON HYÖDYNTÄJÄT

Leväkeijuston tuotannon varassa elää monilajinen eläinplankton. Siinä on siimaeliöitä, ripsieläimiä, rataseläimiä, vesikirppuja ja hankajalkaisia.

Ulappavesissä eläinplanktonia on paljon. Sen biomassaa ylittää usein ravinnon eli levien määrän. Levät lisääntyvät kuitenkin nopeasti, joten ravinto riittää eläinten kasvuun ja lisääntymiseen.

Eläinplankton ei tarvitse valoa. Eniten eläinplanktonia on kuitenkin valaistussa pintakerroksessa, missä ravintoa on runsaasti. Eläinplankton on itsekkin saalistuksen kohteena: kalat käyvät ruokailemassa päällysvesikerroksissa. Siksi erityisesti suuri-koisimmat eläinplanktonilajit oleskelevat syvemmällä vuorokauden valoisana aikana. Vasta yöllä ne vaeltavat pinnan lähelle syömään osansa leväpuurosta.

Pohjalla elävät eläimet ja bakteerit ovat täysin riippuvaisia pintakerroksen tuotannosta: ylhäällä tuotettu eloperäinen aines vajoaa lopulta pohjalle. Pohja on elinympäristönä vakaampi ja turvallisempi kuin vapaa vesi. Haittapuolena on ravinnon niukkuus ja sen usein heikko laatu sekä veden kylmyys.

Rantavyöhykkeessä tuoretta ravintoa sen sijaan on runsaasti tarjolla. Eläimistö onkin monilajinen, ja useat lajit ovat suurikokoisia. Myös rantavyöhykkeen mikrobitoiminta on vilkasta.

Kalat vaeltavat rannan, ulapan ja pohjan välillä vapaasti, ravintotilanteen ja muiden ympäristötekijöiden vaihtelun mukaan. Kalanpoikasten ensimmäinen ravinto on rannan tai ulapan eläinplanktonia. Vanhemmiten kalat syövät pohjaeläimiä tai toisia kaloja. Suomen järvien kalastosta vain muikku ja planktonsiika syövät planktonravintoa koko elämänsä.

Vedestä hakee ravintonsa myös joukko selkärangaisia: vesi- ja rantalinnut, piisami ja Saimaalla norppa. Harvoin nämä tasalämpöiset selkärangaiset kuitenkaan vaikuttavat järven ekosysteemiin merkittävästi.

### Kulutus palauttaa ravinteet kiertoon

Vesiekosysteemin pienimpiä kuluttajia ovat bakteerit. Ne hajottavat kuollutta orgaanista ainesta. Valtaosa tästä hajottajien energianlähteestä on liuennutta ainesta, joka on peräisin joko vesistön omasta tuotannosta tai valunut järveen ympäristöstä.

Hajotus on vilkkainta hapekkaassa ympäristössä. Lämpötila nopeuttaa sitä kuten kaikkia elintoimintoja. Siksi suurin osa hajotuksesta tapahtuu ulapan päällysvedessä ja rantavyöhykkeessä. Pohjalla vain pohjaliejun pintakerros on yleensä hapekasta, ja hajotus keskittyy aivan liejun pintaan.

Hajotus ei onnistu ilman ravintoteita, ja nykykäsityksen mukaan ulappavesien bakteerit saattavatkin kilpailla planktonlevien kanssa ravinteista. Toisaalta kasviplanktonin yksinkertaiset eritteet ovat hajottajien haluamia, samoin eläinten ulosteet. Ulosteiden sisältämät ravinteet ovat helpoliukoisia. Hajottajat itse ovat etenkin monien pohjaeläinten ravintoa, mutta myös eräät eläinplanktonilajit syönevät bakteereita.



Mikroskooppinen kasviplanktonia ravinnokseen käyttävä eläinplankton on ensimmäinen vesiekosysteemin kuluttajaryhmistä. Kuvassa *Bosmina*-vesikirppu (kuva Tore Lindholm).



Aine ja energia siirtyvät ravintoverkossa ylöspäin, kunnes tullaan ketjun huipulle. Kuvassa kaloja ravinnokseen käyttävä isokoskelo (kuva Mikko Pöllänen/LKA).

# POHJASSA PIILEE MENNEISYYS

Heikki Simola

**Valtionarkiston vanhimmat väestökirjat ovat keskiajan loppupuolelta. Tuolta ajalta säilynyt historiallinen tieto on hajanaista ja niukkaa. Suomessa on kuitenkin kymmeniä järviä, joiden pohjaliejuun on vuosi vuodelta arkistoitunut täsmällinen tieto ihmisen toimista ja luonnon historiasta. Eräissä järvissä vuosikerrallista eli lustoista liejua on muodostunut jopa koko jääkauden jälkeisen ajan. Paljon useammassa on lustoliejun kerrostuminen alkanut ihmisen toimien myötä vuosisatoja tai -kymmeniä sitten.**

Pohjalieju eli sedimentti syntyy vedessä olevien hiukkastan taukoamattomasta sateesta järven pohjalle. Vuotuisen kerroksen paksuus on karuissa järvissä vain millimetrin osia, rehevissäkin vain joitakin millimetrejä.

Aineksen määrä ja koostumus kuvastavat ekosysteemin vuodenaikaista kiertoa. Jotta tämä vuodenaikaisvaihtelu voisi säilyä liejussa vuosikerrallisena rakenteena, liejun on laskeuduttava pohjalle täysin häiriöttömästi. Veden virtailut ja kaivautuvien pohjaeläinten monilukuinen joukko sekoittavat liejun pintaa niin tehokkaasti, että kerroksellisuus häviää. Vain suojaisimmissa syvänteissä kerrostuminen tapahtuu riittävän rauhallisesti. Tällaiset pimeät, usein ympäri vuoden hapettomat haudat ovat hiljaisia, viileitä ja elämälle vihamielisiä paikkoja, joissa vain harvinaiset karttavat anaerobiset bakteerit voivat pysyvästi elää.

## **Vuosilustot kuin puun vuosirenkaat**

Lustoinen lieju tallentaa tavattoman runsaasti tietoa, jota biologi, kemisti tai fyysikko voi tutkia. Saavutetun tiedon tulkinta on kuitenkin vaikeaa. Lieju on järven — oikeastaan koko sen ympäristön — toiminnan sivutuote, joka kertoo menneistä tapahtumista vain osittain ja viitteellisesti. Paleolimnologian tutkijaa voidaan verrata arkeologiin, joka mukanaan tunkioon kaivautumalla toivoo selvittävänsä muinaisen kulttuurin vaiheet.

Lustoliejuihin verrattuna on tavallisen, tasa-aineisen liejun muodostama järviarkisto toivotamasti sekaisin: tietty kerros edustaa jonkinlaista yhteenve-toa pidemmän ajan kuluessa syntyneestä aineksesta, mutta sen keskimääräistäkään ikää ei nähdä kuten vuosikerrallisissa liejuissa. Lisäksi tavarain laatu on usein huonoa, koska biologin hajotus on jatkunut pitkään. Tällaisen aineksen tutkimiseen on useimmiten kuitenkin tyytyminen, eivätkä nämäkään arkistot aivan mahdottomia ole. Pintalie-

jun sekoittuminen ei yleensä ulotu kovin syvälle, joten paleolimnologiset vaiheet jäävät sentään näkyviin muutaman vuoden keskiarvoina.

## **Järviarkiston sisältö**

Eliöiden jäänteet kertovat menneistä ajoista. Viestin tulkinta onnistuu sitä paremmin, mitä tarkemmin eri lajien elintavat ja elinvaatimukset ovat tiedossa. Eräiden levien solukuoret sekä vesikirppujen kitiiniosat säilyvät hyvin järviarkistossa.

Piikuorisia levälajeja on useita tuhansia. Useimmat lajit elävät vain tietynlaisessa ympäristössä. Vertaamalla liejuun kerrostuneita muinaisia piilevyhteisöjä nykyisiin, tunnetuissa oloissa eläviin, onkin voitu selvittää monen järven kehitys.

Myös muiden levien kovia rakenneosia voi liejussa olla jopa runsaastikin. Näiden säilyminen on kuitenkin satunnaisempaa



*Usein hyvin vesipitoisten ja löyhien lustoliejujen näytteenottoon paras laite on "jääsormi", metallikotelo, joka täytetään hiilihappojäällä (-70°C) ja upotetaan liejuun. Puolessa tunnissa sen ulkopintaan jäätyy 1—2 cm:n paksuinen näyte. Kuvassa olevan jäädytyslaatikon pintaan on saatu 60 cm:n mittainen lieju-näyte.*



kuin piilevien eikä esimerkiksi jonkin lajin puuttumisesta voida päätellä, että se ei aikoinaan olisi järvestä viihtynyt.

Kasvien siitepölyhiukkaset ovat erinomaisesti säilyviä, ja ne on helppo määrittää suvun ja jopa lajin tasolle. Järven ympäristön kasvillisuuden historia kertoo mm. ympäröivän metsän vaiheista ja maanviljelyksen tuloa alueelle.

Vesikirput ovat pieniä (0,2—5 mm) äyriäisiä, joita Suomen järvissä elää nelisenkymmentä lajia. Eräät lajit ovat planktisia ja tärkeää kalojen ravintoa, toiset elävät rantavyöhykkeellä. Niiden jäänteet liejussa voivat kertoa, paitsi järven ravinteisuuden muutoksista, myös ravintoverkon rakenteesta. Järvestä, josta kalat ovat kuolleet, planktonäyriäisten määrä ja koko saattavat kasvaa. Vastaavasti kalanistutus saattaa näkyä yksilöiden keskikoon pienenemisenä.

Monia muitakin eliöjäänteitä voi liejussa olla. Meidän happamissa ja vähäkalkkisissa vesissä eivät vesinilviäisten kuoret saati kalojen luut tai suomet valitettavasti säily.

#### Kemian viesti usein hämärä

Eliöjäänteiden paleolimnologinen viesti on usein yksiselitteinen. Sen sijaan liejun kemiallisten ominaisuuksien tulkinta on harvoin suoraviivaista. Esimer-

kiksi fosfori, kasviravinteista tärkein, liukenee sedimentin pintaosista takaisin veteen, mikäli pohjanläheinen vesi on hapetonta. Liejupatjan tutkija voi jopa havaita fosforipitoisuuden alenemisen vaiheessa, jossa järven fosforikuorma on todellisuudessa noussut.

Typpipitoisuuden tulkinta voi olla helpompaa. Happivajaus hidastaa typen vapautumista eloperäisestä aineksesta, joten rehevöityminen näkyy pohjakerostumien typpipitoisuuden kasvuna. Yleensä liejun sisältämät ainemäärät ja niiden muutokset eivät ole mitenkään suorassa suhteessa järveen tulevan kuorimituksen kanssa.

#### Järven tavallinen tarina

Vanhimmat Suomen järvet ovat 10 000 vuoden ikäisiä. Jääkauden loppuvaiheessa maa alkoi paljastua. Suurin osa Etelä-Suomea oli vielä Itämeren pinnan alla.

Maan kohotessa rantaviiva siirtyi ja merenlahdet kuroutuivat järviksi ja vesireiteiksi yksi toisensa jälkeen. Maankohoamisrannikolla uusia järviä syntyy edelleen.

Alkuvaiheessaan järvet olivat yleensä runsasravinteisia, sillä nuoren maan ravinteet olivat herkästi liikkeellä. Kasvipeitteen kehittyminen keskeytti huuhtou-

tumisen, ja järvet karuuntuivat. Ilmaston viileneminen noin 5 000 vuotta sitten kiihdytti metsämaan soistumista. Monet järvet muuttuivat tuolloin ruskeavetisiksi, kun soilta tullut humus liisääntyi pintavesissä.

Seuraavan laajan muutoksen aiheuttaja oli ihminen. Maanviljelys avasi metsiä ja eroosio kiihtyi uudelleen. Monet Etelä-Suomen maanviljelysseutujen järvet ovat rehevöityneet jo esihistoriallisella ajalla.

Pelloilta huuhtoutuvien ravinteiden lisäksi välitön ravinnekuormittaja oli kuitukasvien, hampun ja pellavan, liotus pikkujärvissä.

Kaskiviljelyä harjoitettiin koko eteläisessä Suomessa. Miltei jokaisen järvemme liejussa, kaaruimpia kalliojärviä lukuunottamatta, on lievistä rehevöitymisvaiheesta kertova kerros. Kaskeajan muistona ovat noki ja ruikiin siitepöly.

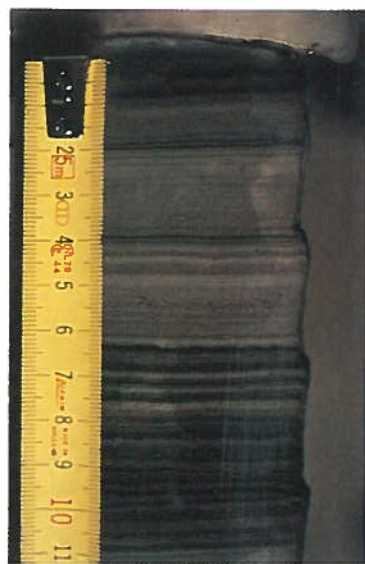
#### Mitkä jäljet nykyaika jättää?

Nykyisen ajan viestit kulkevat ilman kautta. Ydinkokeiden synnyttämät isotoopit ja ennen tuntemattomat kemikaalit kulkevat ilman kautta kaukaisiin järviin ja kertovat tulevillekin polville aikojen muuttuneen. Teollisuussavujen likaama sade tuo ravinteita mutta myös myrkyjä ja vahvoja happeja järviin. ■



Laboratoriossa näyte puhdistetaan. Liejussa on selvä kerroksellisuus, jota pohjaeläimet ovat kuitenkin sekoittaneet. Paksut savikerrokset kertovat, että Varaslammen lähiympäristössä on viime vuosikymmeninä rakennettu runsaasti. Liejun musta väri johtuu sulfidihydrideistä, joita syntyy hapettomissa oloissa — aluksi kausittain, mutta viime vuosina lähes jatkuvasti.

Kun järveen kerrostuu häiriintymättömän lustolieju, on tutkijoilla käytössään erinomaisesti järjestetty ympäristöhistorian arkisto. Kuvan näyte on Siilinjärven Heinälammesta. 1930-luvulta alkaen on lammen vuosilustoissa keväinen mineraalikerros merkinä koneistuneesta rantapelton viljelystä. Vuosien 1980-82 tavatoman paksut hiesukerrokset kertovat huonosti suunnitellusta metsäojituksesta talvella 1980: vain viiden hehtaarin ojasto kuljetti lampeen hienojakoista mineraalimaata niin, että vesi sameni pysyvästi monen kesän



ajaksi. 1980-luvun paksuissa lustoissa myös elohopean määrä on poikkeuksellisen suuri, koska pintamaan elohopea on ojituksessa päässyt liikkeelle.

# RANTAVYÖHYKE — JÄRVEN VILJA-AITTA

Timo Kairesalo

**Onkimiehet tietävät, että ranta- ja vesikasvillisuuden reunoilla kala nappaa parhaiten. Rantavyöhyke onkin järven osaekosysteemeistä tuottoisin. Karunkin järven rantavyöhyke voi olla rehevä: joitakin ravinteita voi olla jopa sata kertaa enemmän kuin ulappavedessä. Mihin rantavyöhykkeen tuotisuus ja sen myötä vilkas aineenvaihdunta perustuvat? Mitä merkitystä niillä on koko järven ekosysteemin toiminnalle?**

Yhtenäiset, usein vain yhden lajin kasvustot ovat luonteenomaisia rantavyöhykkeelle. Varsinkin järviruoko ja järvikorte kasvavat laajoina kasvustoina. Tiheimmät kasvustot kehittyvät yleensä jokisuihin tai suojaisiin lahdenpoukamiin, joissa ravinteikasta pohjaa on runsaimmin.

Järviruoko ja järvikorte ovat ilmaversoisia vesikasveja, joiden juuret risteilevät pohjakerrostumissa. Nämä kasvit leviävät pääasiassa juurakoittensa avulla. Tiheä juurakkoverkko sulkee tehokkaasti tien muilta kasveilta. Järviruoko tai -korte myös muokkaa kasvuympäristöään. Kasvit erittävät veteen ja pohjakerrostumiin kilpailevien lajien kasvua estäviä kemiallisia aineita.

Matalassa rantavedessä kasvavat kasvit selviävät talven yli hengissä vain juurakkonsa ja siihen varastoituneen energian turvin. Talvella jää ulottuu rantavedessä pohjaan asti. Lähtiessään keväällä liikkeelle jää repii ja rikkoo kaiken pohjanpäällisen kasvillisuuden. Rantavyöhyke avautuu ja jää tuulien armoille. Veden virtaukset irrottavat hedelmällisen pohjalietteen helposti, jolloin sitä kulkeutuu pitkällekin ulapalle.

Kortteen ja ruo'on versot pyrkivät jäiden lähdön jälkeen varavintonsa turvin vesipeitteen läpi kohti valoa. Valon lisäksi ilmaversoiset vesikasvit tarvitsevat ilmakehän hiilidioksidia. Ne eivät kykene käyttämään hyväkseen veteen liuenutta hiilidioksidia kuten uposlehtiset vesikasvit ja levät.

Kun verso tavoittaa vedenpinnan, sen kasvu kiihtyy silminnäh-

den. Päivittäinen kasvu voi olla yli viisi senttimetriä. Nopean kasvun aikana rantakasvit tarvitsevat runsaasti ravinteita rakennusaineekseen. Juuret välittävät eniten tyyppiä, fosforia ja piitä pohjakerrostumien pintaosista. Juurettomat vesikasvit ja irtokelluvat saavat vedestä tarvitsemansa ravinteet.

Alkukesällä voi ravinteita olla aika ajoin liian vähän, kun tuuli ja aallokko ovat keväällä puhdistaneet rannat. Toisaalta rantavesi lämpenee nopeasti. Tällöin hajottajamikrobien toiminta vilkastuu, ja rantaveden ravinteet ovat tehokkaassa kierrossa.

## Päällyslävät apuna ja riesana

Nopeasti lämpenevä, valoisa ja runsasravinteinen rantavesi on ihanteellinen kasvuympäristö mikroskooppisen pienille leville. Kevään lämpiminä päivinä rantavesi suorastaan kuplii elämää. Muutamassa päivässä syntyvä levämassa voi kattaa vihreänä vaahtona laajojakin alueita. Suuri osa massasta vajoaa pohjalle maatumaan, jolloin se on lannoitteena kasvuun aloittaville rantakasveille. Näin rantakasvit saavat kiertoteitse levien välityksellä käyttöönsä rantaveden ravinteet.

Suurin osa kevään ja alkukesän leväkasvustosta kehittyy hajoavien kasvinosien pinnoille. Myöhemmin päällyslävät valtaavat myös kasvunsa aloittaneet versot. Rantakasvin varren ympärille muodostuu paksu nukka tai limavaippa. Päällysvieraista ei ole haittaa ilmaversoisille kasveille, jotka yhteyttävät ilmassa ja ottavat ravinteensa pohjakerrostumista.

Uposlehtiset ja pohjaruusu-keiset kasvit joutuvat kamppailemaan tukahduttavaa leväpeittoa vastaan. Jos vesistöjen levätuotanto kasvaa, katoavat nämä kasviryhmät ensimmäisinä.

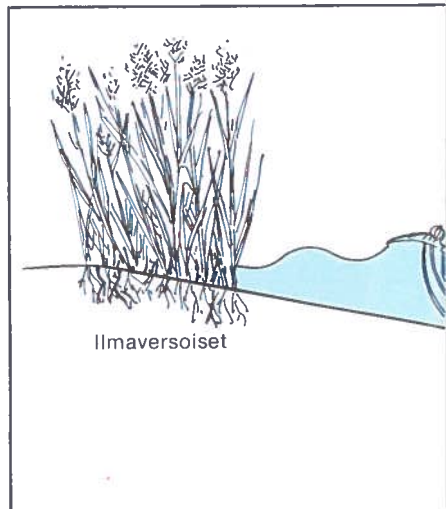
## Rantakasvillisuus suojaa ja ruokkii

Levämassalla on kuitenkin omat kuluttajansa. Monilajinen ja runsaslukuinen eläimistö elää levien tarjoaman ravinnon varassa. Runsaslukuisimpia ovat pienet harvasukasmadot, surviais-sääskien toukat, sukkulamadot ja myöhemmin kesällä vesikirput. Vesikotilot ovat tärkeitä päällyslävästöjen kuluttajia.

Päällyslävämässä on ravintoarvoltaan hyvää. Se onkin perustana rannan runsaalle eläintuotannolle. Paljon eläimiä vuorostaan syö paljon, jolloin kulutus saattaa jopa ylittää levätuotannon. Päällyslävästöjen määrä romahtaa kesän alkaessa.

## Rannassa tiheitä vesikirppuparvia

Myös rantaveden planktonin rakenne muuttuu kevään ja kesän kuluessa. Helpoimmin havaittavissa on se, että rantaveteen ilmestyy tiheitä vesikirppuparvia.





Vesikirput viihtyvät erityisesti vesikasvillisuuden ja laiturikennelmien varjossa. Siellä ne ovat piilossa saalistavilta kalanpoikasilta.

Vesikirput siivilöivät ravintonsa viuhkamaisilla rintaraajoillaan. Ruuaksi kelpaavat pienet levät ja bakteerit. Yksi *Bosmina*-vesikirppu voi tunnissa syödä 7 500 pientä, pallomaista leväsolua. Neliömetrin alalla voi elää 1,5 miljoonaa vesikirppua. Koko vesikirppuparvi voi siten syödä tunnissa yhteensä yli 10 miljardia leväyksilöä.

Rantaveden levätuotanto ei yllä näin tiheiden vesikirppuparvien tarpeisiin. Osan tarvitsemastaan ravinnosta vesikirput hankkivatkin syömällä planktonin lisäksi myös päällyksileviä.

### Kalanpoikaset syövät vesikirppuja

Useimpien kalalajien poikaset hakevat ravintonsa rantavyöhykkeestä vesikasvillisuuden seasta. Halutuinta ravintoa ovat vesikirput. Ensimmäisenä kesänään kaksisenttinen särjenpoikanen syö jopa 500 vesikirppua päivässä. Tuhatpäinen kalapoi-kasparvi pystyy hävittämään tiheänkin vesikirppuparven muutamassa päivässä. Kalanpoikasten jäljiltä voi rantavesi jälleen samentua planktonlevistä, kun levämassaa säätelevä vesikirppuparvi romahdusmaisesti harvenee.

Isompien kalanpoikasten ruokaa ovat vesikirppujen ohella päällykslevästössä ja pohjassa luikertelevat harvasukasmadot ja surviaissääsken toukat. Ka-

lanpoikaset hakevat vesikasvillisuuden seasta ravinnon lisäksi myös suoja: petokaloja risteilee varsinkin loppukesästä alituksella pitkin kasvillisuusvyöhykkeen ulkoreunaa.

### Rantavyöhyke puskurina

Valumavesien (ja jätevesien) ravinteet vaikuttavat rantakasvillisuuteen melko vähän, onhan rantavesi jo luonnostaan runsasravinteista. Lisäravinteet katoavat ravintoketjuun, joka alkaa planktonin ja päällykskasvuston levistä ja johtaa rantakasvillisuuden säätelemänä kalanpoikasiin ja lopulta petokaloihin. Sekin osa ravinnekuormituksesta, joka lopulta löytää tiensä ulappaveteen, on rantavyöhykkeessä muokattu ravinnesuhteitaan ulappavettä vähemmän rehevöittäväksi.

### Rehevä rantakasvillisuus ongelmana

Useimmiten järvet, joissa rantakasvillisuus on haitallisen tiheää, ovat joko luonnostaan matalia tai veden pintaa on laskettu. Paksu, runsaasti orgaanista ainesta sisältävä sedimentti tarjoaa matalassa järvessä hyvän kasvualustan etenkin ilmaversoisille ja kelluslehtisille kasveille.

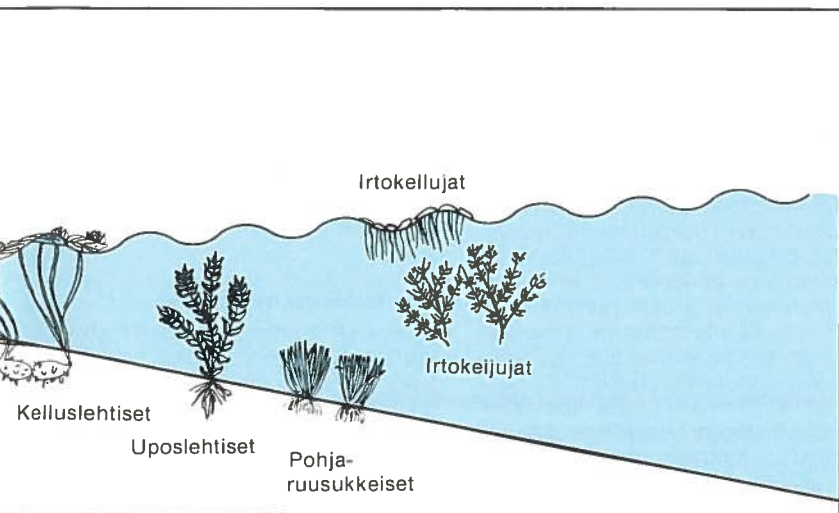
Runsas vesikasvillisuus ei ole rehevöitymisen syy vaan sen seuraus. Kasvillisuuden poisto ei siis korjaa tilannetta. Veden laatu voi jopa heikentyä, kun ravinteita sitova kasvillisuus hävitetään. Kalliita ja tehokkaitakin keinoja voidaan käyttää: kasvillisuuden poisto, koneellinen il-

mastus ja pohjan ruoppaus yhdessä suoritettuina laskevat vesistön rehevyytensä tehokkaasti, mutta toimenpiteet ovat usein hyvin kalliita ja ympäristöä tarveleviä.

Vedenpinnan nosto on usein yhtä tehokas mutta huomattavasti halvempi ja ympäristöstävällisempi keino säädellä kasvillisuuden määrää ja rehevyytensä vesistössä. Melko pienikin vedenpinnan nosto voi tainnuttaa laajoja kasvustoja: ilmaversoiset kasvit eivät menesty, jos niiden varastot eivät riitä punnertamaan versoja veden pintaan. Uposlehtiset kasvit peittyvät helposti tukahduttavaan päällyksleväkettoon, jos ne jäävät liian etäälle vedenpinnasta ja valosta. Lisäveden laimentava vaikutus voi jo sinällään riittää sinivierle-väkukintojen torjumiseen.

Järven hyvinvointia kuvastaa selkävesien ja rannan harmoninen suhde; luonnossa toiminnallisesti tasapainoinen elinympäristö on usein myös kaunis. Kalanpyydysten limottuminen on ensimmäisiä merkkejä järven tilan muuttumisesta — harmonian murtumisesta; jostakin syystä rantavyöhyke tuottaa silloin suhteettoman paljon päällyksileviä, jotka tarttuvat kalanpyydyksiin. Koska päällyksilevät ovat tottuneet kasvamaan rantavyöhykkeen runsasravinteisessa vedessä, on selkävesissä havaittava kalanpyydysten runsas limottuminen vakava ja varteenotettava merkki järven rehevöitymisestä. ■

Rannan suurvesikasvit ovat rakenteellisesti ja toiminnallisesti erilaisia. Ilmaversoiset (esimerkiksi järviruoko, korte ja kaislat) ja kelluslehtiset (esimerkiksi lumpeet ja ulpukat) kasvit yhteyttävät hiilidioksidin ilmassa ja ottavat ravinteet juurien avulla pohjakerrostumista. Uposlehtiset kasvit (esimerkiksi ärviät ja ahvenvita) yhteyttävät vedessä ja ottavat ravinteet juurien avulla pohjakerrostumista. Pohjaruuskkeiset kasvit (esimerkiksi nuottaruoho, lahnaruoho) ottavat ravinteensa ja suurimman osan yhteyttämiseen vaadittavasta hiilidioksidista pohjakerrostumista. Irtokeijut (esimerkiksi limasakat ja kilpukka) yhteyttävät hiilidioksidin ilmassa ja ottavat ravinteet juurien avulla vedestä. Päällyksilevät (piileviä, viherleviä, sini-leviä) ovat täydellisesti vesiympäristöön riippuvaisia. Ne haittaavat uposlehtisten ja pohjaruuskkeisten kasvien yhteyttämistä ja kasvua varjostamalla kasvualustansa.



# JÄRVIRUOKO HYÖTYKÄYTTÖÖN

Heikki Toivonen ja Pertti Uotila

**Järviruoko on rantojemme valtakasvi: se on levinnyt laajalle ja muodostaa paikoin runsaita kasvustoja, joilla on maise-mallista merkitystä. Järviruokoa on käytetty monin paikoin hyödyksi jo varhain. Energiakriisi sai tutkijat katsomaan ruo-koa uusin silmin: laajojen ruovikoiden käyttöä energian tuo-tantoon on suunniteltu.**

Järviruoko (*Phragmites australis*) on ilmaversoinen vesikasvi, jonka tyviosat ovat yleensä ve-dessä, mutta pääosa vartta leh-tineen kasvaa vedenpinnan ylä-puolella. Ruo'on rakenteessa ei olekaan läheskään kaikkia niitä piirteitä, jotka ovat ominaisia ko-konaan veden varassa eläville varsinaisille vesikasveille kuten lahnanruoho, ahvenvita tai ul-pukka.

## Kookas heinä

Järviruoko on maamme heinä-kasveista kookkain. Epäsuotui-sissa oloissa ruokokasvusto jää harvaksi ja matalaksi, mutta rehevillä paikoilla ruovikko voi olla 3—4 metriä korkeaa ja läpipää-semättömän tiheää. Kokemaen-joen suistosta tavattu, pisin meil-lä löydetty ruoko oli 466 cm kor-kea. Etelä-Euroopassa järviruoko, tosin eri rotu kuin meillä, voi saavuttaa 8 metrin pituuden. Enimmillään ruovikon ulkolaidal-la voi olla pari metriä vettä, yleensä kasvuston alaraja kui-tenkin jää alle metrin syvyyteen. Järviruoko kasvaa yleisenä sekä meren että sisävesien rannoilla koko maassa ylittä Lappia lu-kuunottamatta. Parhaiten se viihtyy lieju- ja hiesupohjalla.

Ruo'on juurakko on 1—2 cm paksu ja kulkee 10—50 cm:n sy-vyydellä pohjassa. Pohjanalai-nen juurakko saattaa painaa 2—3 kertaa enemmän kuin maan-päällinen korsi lehtineen ja kukin-toineen. Runsashaaraisen juura-kon avulla ruovikko levittäytyy kasvullisesti ja valtaa elintilansa muilta vesikasveilta. Juurakkon-sa turvin ruoko säilyy myös runsasravinteisilla soilla ja pellon-reunoissa, missä se on yleensä

jääne umpeenkasvaneen lam-men kasvillisuudesta.

Järviruo'on kukinto on aluksi sinipunainen, myöhemmin rus-kettuva röyhy. Kukkien tyvellä on pitkiä karvoja, joiden avulla siemenet voivat levitä pitkienkin matkojen päähän. Kasvulliseen leviämiseen verrattuna siemen-nellisen lisääntymisen merkitys on kuitenkin vähäinen. Siemen-ten itävyys on alhainen. Lisäksi itäminen onnistuu vain hyvin ma-talassa vedessä. Ruo'on ei ole-kaan helppo levitä uusille kasvu-paikoille.

## Vahva kilpailija

Ruoko on luontaisesti varsin kil-pailukykyinen kasvi. Ihmisen toi-minnasta se sekä hyötyy että kärsii. Aikaisemmin rantojen lai-dunnus oli nykyistä huomatta-vasti yleisempää. Tuolloin ruoko taantui monin paikoin, sillä juura-kot vaurioituvat karjan tallatessa ruokkoa. Laidunnuksen päätyt-tyä ruoko on monin paikoin jäl-leen runsastunut.

Piisami on saanut järviruoko-kasvustot taantumaan monista pikkuvesistä. Vesien säännöste-lykin hävittää järviruokoa, var-sinkin jos kasvustot ovat alttiina jääeroosiolle talvella matalan ven-den aikana. Vesien rehevöitymi-sestä järviruoko lähinnä hyötyy: ravinteiden lisäys saa kasvustot aiempaa tiheämmiksi ja versot pidemmiksi. Uutta ravinteikasta kasvualaa luomalla ja altaan ra-vinnetasoa nostamalla myös jär-vien laskut ovat epäilemättä suo-sineet ruokoa. Mutta kasvupaikan liiallinen rehevöityminen voi koitua haitalliseksi myös järvi-ruo'olle. Syynä esimerkiksi Kes-ki-Euroopan ruokokasvustojen

heikentymiseen ovat olleet yli-suurten typpipitoisuuksien ai-heuttama korsien lakoontumi-nen sekä juurakon elintoinnoil-le haitalliset muutokset kasvu-alustassa.

Järviruoko kasvaa monenlai-silla paikoilla ja on herkkä monille ympäristötekijöille. Siten sen käyttö vesistön tilan ilmentäjänä ei ole kovin yksiselitteistä.

## Rantaekosysteemin tärkeä osakas

Järviruo'on kasvustojen pinta-ala ja kasvimassan tuotanto on suurempi kuin millään muulla il-maversoisella vesikasvilla. Pie-nissä rehevissä vesissä ruoko usein tuottaa suurimman osan kasvimassasta. Lisäksi se sitoo tehokkaasti vesistöön tulevia ra-vinteita ja suojaa rantaa eroosi-olta.

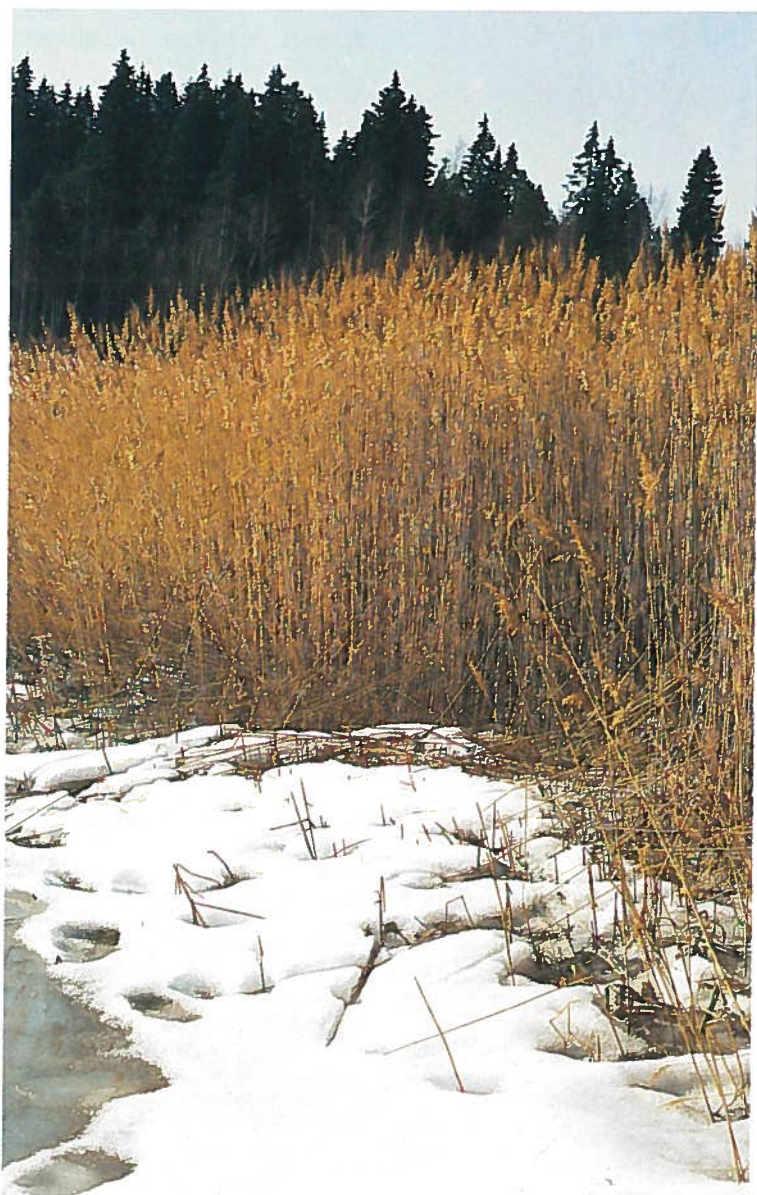
Toisaalta ruovikko pidättää tehokkaasti pohja-ainesta, ha-joavaa kasvimassaa. Koska sen oma tuotanto on suuri, se on tär-keimpiä rantojen ja matalien lah-tien umpeenkasvun aiheuttajia.

Laajat ruovikot ovat luonteen-omaisia lintujärville sekä runsas-lintuisille merenlahdille. Eräät harvinaiset lintulajit, mm. kaulus-haikara, ruskosuohaukka ja ras-taskerttunen pesivät yksin-omaan vanhoissa järviruokokas-vustoissa. Talvikaudella ruovi-kot ovat lintujen, mm. sinitiais-parvien ruokailualueita. Men-neenvuotiset ruo'ot ovat tärkeitä monien sorsa-, sotka- ja ranta-kanalajien pesinnälle. Lisäksi ruovikkoiset rantaluhdat ovat esimerkiksi hirvien oleskelupaik-koja.

## Monipuolinen hyötykasvi

Koska järviruoko on yleinen ja runsastuottoinen, on sitä myös osattu käyttää hyödyksi. Karjaa on laidunnettu rantaruovikoissa. Ruokoa on myös niitetty karjan rehun lisäksi ja pehkuiksi etenkin rannikolla ja saaristossa. Ahve-nanmaalla ruokoa on käytetty





kateaineena. Röyhyjä on koottu aikaisemmin patjantäytteeksi.

Kateaineeksi ja koristetarkoituksiin ruokoa on kerätty yleisesti Keski-Euroopassa. Etelämpänä ruokoa on käytetty runsaasti myös suojakasvina. Sillä on jonkin verran merkitystä eristyslevyjen valmistuksessa sekä paperin tuotannossakin etenkin Tonavan ja Etelä-Venäjän jokien suistoalueilla.

1970-luvulla öljykriisin jälkeen alettiin pohtia järviruon käyttöä myös energiakasvina. Ruon korsi on polttoarvoltaan olkeen verrattavaa. Tiheän ruovikon maanpäällisen osan kuiva-ainemäärä neliometriä kohden saattaa nousta Suomessa 1—

*Rannoilla järviruoko kasvaa useimmiten selvähkönä vyöhykkeenä matalassa vedessä. Avoveteen päin ruovikko rajoittuu yleensä upos- ja kelluslehtisten vesikasvien yhdyksuntiin, maallepäin naapureina ovat rantasaraikot tai -pensaikot. Omasa vyöhykkeessään ruoko on vallitseva kasvilaji. Talvisen ruovikon kuvasi Arto Rantanen/LKA.*

1,5 kiloon. Koska tästä saadaan talvella korjatuksi jonkin verran yli puolet, on otaksuttu, että ruolla olisi merkitystä varsinkin maaseudun energiaratkaisuissa.

Ruotsissa tehty laaja energia-ruokotutkimus osoitti, että vaikka ruoko onkin tuotoltaan lupaa-

va, ei ruokoa ainakaan vielä oteta mukaan energiatuotantoon, sillä esimerkiksi viljelytekniikan ongelmat puoltavat muita energiakasveja, esimerkiksi pajua. Suomessa on arvioitu, että koko maan ruovikoiden vuosituotos olisi 70 000—150 000 tonnia, mikä on alle 10 % vuotuisesta olkisadosta. Valtakunnan energiahuoltoa ajatellen ruovikot tuottaisivat siten energiaa vain marginaalierän. Paikallista merkitystä ruolla saattaa silti olla.

### **Ruovikoiden käyttö vaikuttaa vesiluongtoon**

Jos ruoko kerätään juurakkoa vahingoittamatta talvella jäältä, kasvu pysyy hyvänä ja satoa voidaan kerätä jatkuvasti. Itse asiassa ruovikon kasvu voi parantua, koska vanhat korret eivät varjosta uusia. Talviaikainen korjuu ei vähennä kovin paljoa ruovikon ravinteitakaan, koska huomattava osa niistä on siirtynyt yhteyttämistuotteiden tavoin juurakkoon. Matalissa, maatuissa vesistöissä korjuussa poistuu vaikeasti hajoavaa orgaanista ainesta, mikä hidastaa järven umpeenkasvua. Umpeenkasvun lisäksi orgaanisen aineksen poistaminen vähentää kasvijätteiden hajoamiseen kuluvan hapen määrää.

Menneenvuotisen ruovikon säilyminen on kuitenkin tärkeää monille pesiville linnuille. Toisilla alueilla voitaisiin soveltaa laikutusta niittoa, jolloin vain osa ruovikosta niitetään ja niitto uusitaan muutaman vuoden välein.

Kesäaikana ruon korjuuta energiakasviksi ei kannata ajatella, koska versosadon kuivataminen kuluttaa paljon energiaa ja korjattu kasvimassa pilaantuu äkkiä. Lisäksi juurakot yleensä vaurioituvat. Mutta ruokoa niittämällä voidaan vesistöistä poistaa jonkin verran ravinteita. Kahdesti kesässä veden alta niittämällä saadaan venevalkaman tai laiturirannan ruovikko pidettyä kurissa. Niiton hyötyä ei kuitenkaan pidä liioitella: kadonneen ruovikon tilalle tulee usein muita vesikasveja, varsinkin uposlehtisiä. Myös planktonlevästä runsastuu, koska niitetyn kasvuston vaurioituneista osista karkaa veteen ravinteita eikä ruovikko enää varjostuksellaan haittaa lievien tuotantoa. ■

# SUOMEN KALASTO

Lauri Koli

**Kalat ovat vesien riistaa. Oikeastaan asia on toisinpäin, sillä kalojen taloudellinen merkitys on nykyisin riistaa suurempi.**

Kalastomme historia alkaa jo niistä vesistä, joita mannerjään sulaessa syntyi sen reuna-alueelle. Jääkauden loppuvaiheen ja sen jälkeinen vesistöjemme kaloittuminen on riippunut ympäristöoloista ja kalojen leviämismahdollisuuksista eli vesistöyhteyksistä.

Jääkauden jälkeisenä noin 12 000 vuotena ei kalastoomme ole kehittynyt uusia lajeja. Lajit olivat valmiina jo aikaisemmin. Mannerjäältä vapautunut alue sai kalastonsa jäätömilta alueilta eri suunnista ja eri aikoina.

## Ensimmäiseksi tulivat kylmää kestävät

Jääkauden jälkeen ensimmäisiä tulokkaita olivat kylmää vettä vaativat ja kestävät kalalajit. Baltian jääjärven, joka oli mannerjään reunaan rajoittuva arktinen järvi, eli ilmeisesti jo lohi, taimen, eräät siikalajit, nieriä, kuore ja härkäsimppu. Nämä lajit tulevat toimeen sekä suolaisessa että suolattomassa vedessä. Baltian jääjärven elivät todennäköisesti myös harjus, muikku, kolmipiikki, kirjoeväsimmppu sekä kylmää vettä kestävät yleiskalamme ahven, made, mutua ja hauki.

Baltian jääjärveä seurannut arktinen Yoldiameri esti suolattoman veden lajien leviämisen. Sitä seuranneena Ancylysjärvi-kautena, noin 9000—8000 vuotta sitten, saapuivat lahna, salakka, kuha, kiiski, kivenuolainen ja kivisimppu. Nämä lajit pääsivät leviämään Ancylysjärven rantoja pitkin ja lähes kaikkiin siihen laskeviin vesistöihin. Esimerkiksi kuhaa on muutamissa Tornionjokeen ja Kemijokeen laskevilla järvillä, jotka ovat kuhan koko levinneisyysalueen pohjoisimmat esiintymät.

Ilmasto oli Ancylyskaudella nykyistä lämpimämpi. Tämän kauden loppuun mennessä saapuivat maahamme lämpimän veden lajit: monni, turpa, sorva, päsuri, vimpa, törö, sulkava, ruutana, toutain ja suutari. Ancylyskaudella

kaudella sisävetemme olivat saaneet nykyisen kalastonsa. Varhaisen kivikauden asukas pyysi samoja kaloja kuin meillä nytkin on kalastettavina.

Litorinakauden suolainen vesi (noin kaksi kertaa niin suolainen kuin nykyisen Itämeren) esti varsinaisten sisävesikalojen elämisen Itämeressä. Vain jokin siikalaji ja vimpa menestyivät. Joki-suiden lahdissa oli sisävesikaloja, jotka levittyivät saaristoon suolapitoisuuden jälleen pienentyessä.

Meriveden kalamme — turska, silakka, kampela — ovat tulleet rannikkovesiimme litorinakaudella tai sen jälkeen Tanskan salmien kautta. Yoldiameressä eli joitakin arktisia murtovedessä toimeen tulevia meriveden lajeja, mutta ne hävisivät Ancylysjär-

## TUNNETKO MUDUN, SORVAN JA TOUTAIMEN?

Hannu Lehtonen

Vaikka maamme kalasto on vähälajinen, on lajisto useimmalle suurimmaksi osaksi outoa. Hauen, ahvenen ja särjen tuntee jokainen. Lähes yhtä laajalle levinneet kymmenpiikki, kivisimppu ja mutua sensijaan ovat heikosti tunnettuja, koska niitä ei pyydyksistä useinkaan löydy.

Kalamies tai -nainen tavoittelee saaliikseen vain arvokkainta osaa kaloista. Kalansaalis on viime vuosina koostunut yli 99 %:sti 18 eniten kalastetusta lajista. Näistä silakka-, ahven- ja

haukisaalis muodostavat noin kolme neljänestä. Muiden lajien yhteinen osuus on siten vain noin 25 % saaliista. Kalalajien tuntemus rajoittuukin yleensä vain kalastettuihin kaloihin.

## Pienet kalat tuntemattomia

Kalastuksen ulkopuolelle jäävät lajit ovat yleensä pienikokoisia, mikä osaltaan selittää kiinnostuksen puutteen. Lisäksi kalojen tarkkailu ei ole ihan yhtä vaivatonta kuin esimerkiksi lintujen eikä lajituntemukseen voi kehittyä



Mutuparvi. Kuva Kari Soveri/LKA.



ven syntyessä. Merikalamme ovat siis nuorempia tulokkaita kuin sisävesien kalat.

### Nykyinen kalasto 90-lajinen

Vesissämme elää 60 alkuperäistä ja vakinaista kalalajia. Lähes parikymmentä muuta lajia tavataan satunnaisina vieraina rannikkovesissä. Tämän lisäksi järviimme on istutettu tusinan verran alunperin ulkomaista kalalajia. Kalastomme lajimäärä on noin 90. Luku on varsin pieni. Vähälajisuus on seurausta täysisuolaisen meriveden puuttumisesta ja maamme pohjoisesta sijainnista.

### Kalalajiemme levinneisyys

Sisävesissämme elää koko maassa ahven, hauki, made,

mutu, siika (lajiryhmä) ja taimen. Ahven on yleisin kalamme, hauki seuraava ja sitten made ja särki.

Selvästi eteläisiä kaloja ovat särkikaloiden heimoon kuuluvat turpa, vimpa, sorva, toutain, sulkava, suutari ja törö, joiden leviämisen pohjoisemmaksi estää lämpötila.

Joidenkin sisävesikaloiden levinneisyys on epätasainen. Järvialueella maan itäosassa ja samalla pohjoisessa tavataan harjasta, seipiä ja nieriää. Itäinen levinneisyys sisävesissä selittyy leviämällä Laatokan tai Äänisen vesistöalueilta. On myös esitetty, että vesien soistuminen olisi hävittänyt nämä melko vaativat lajit maan länsiosasta.

Sisävesien ja merenrannikon kalaston ero ei meillä ole niin

jyrkkä kuin valtameren rannikolla. Vähäsuolaisessa rannikkovedessä tulevat toimeen miltei kaikki sisävesikalamme. Vain nieriä ja pari siikalajia puuttuvat, myös sulkava ja törö ovat harvakuksia. Muikkuaikin on vain Perämeressä ja jonkin verran Suomenlahden itäosassa.

Merikaloiden levinneisyys rannikkovesissämme selittyy miltei täysin suolapitoisuuden erojen perusteella. Ahvenanmaalla ja lounaissaaristossa, jossa suolapitoisuus on suurin, on 22 merikalaa, mutta Suomenlahden itäosassa vain 16 ja Perämeren perukassa 8. Pohjanmeressä elää 120 luukalalajia! Miltei koko Itämeren rannikkovesissämme elää silakkaa, kilohailia, turskaa, kivihiikkoa, kampelaa, pikkutuulenkalaa ja isosimppua.

tyä samalla tavalla.

Kymmenpiikin, mudun ja kivi-simpun lisäksi yleisiä, mutta heikosti tunnettuja lajeja ovat mm. kolmipiikki ja kivenuoliainen sekä rannikkovesistämme tavatavat kiviniikka ja tokot. Näistä esimerkiksi kiviniikka on monin paikoin ollut pilkkimiesten yleisin saalis kala rannikkovesissä, ainakin ennen turskan viimeaikaisista runsastumista. Kiviniikkoja luullaan yleisesti pieniksi mateiksi. Myös kivenuoliainen sekoi-tetaan helposti mateeseen, tosin sitä ei yleensä pyydyksistä löy-dä.

Kalan tuntemattomuuden syy-nä ei aina ole kalastuksen puut-tuminen. Etelä-Suomen järvissä on joitakin lajeja, jotka tarjoaisi-

vat kalastajille erinomaisen koh-teen, jos niiden kannat vain olisi-vat hieman runsaampia. Tyypilli-nen esimerkki on toutain. Moni-ko mahtaa tuntea lajia edes ni-meltä! Myös turpa tai vimpa ovat lajeja, joilla olisi nykyistä ylei-sempänä erinomaiset mahdolli-suudet tulla suosituiksi virkistys-kalastuskohteiksi. Turpa onkin saanut jo huomiota, ja sen lähi-sukulainen seipi on myös käynyt tutuksi monelle Perämeren pilk-kijälle.

### Vähäarvoiset ruokakalat vähäl-le huomiolle

Vähäarvoisia ruokakaloja ei mo-nikaan tunne. Silti niitä löytyy useinkin pyydyksistä. Esimerkik-si pasuri, sulkava, salakka, här-

Toutain. Kuva Viljo Nylund/RKTL.



käsimppu ja seipi voivat monissa vesissä olla jopa suoranaishana riesana kalastajille täyttäessään pyydykset ja estäessään arvokkaampien lajien pyyntiä.

Vaikka "tuntemattomat" kala-lajit muodostavatkin selvän enemmistön maamme kalalajeis-ta, ei niiden merkitys vesissä ole mitätön. Monessa vesistöissä kalastuksen kohteena olevien kalojen määrä voi olla pienempi kuin niiden, joita ei pyydetä. Melkein kaikki pienikokoiset kalalajit ovat tärkeä osa kalastuksen kohteena olevien suurten ja arvokkaiden lajien ravinnosta. Esimerkiksi rannikkovesien tokkojen ja piikkikaloiden merkitys saat-taa olla ratkaisevan tärkeä mo-nille petokalakannoille. Sisäve-sissä vastaava merkitys voi olla ainakin kiiskillä ja mudulla.

Vesien tuntemattomat kalala-jit ovat monen tunnetun ja kalas-tuksen kohteena olevan lajin kannalta tärkeitä. Ne ansaitsisi-vat nykyistä enemmän huomio-ta, vaikka lajien olemassaoloa ei havaitsisikaan ennen kuin varta vasten hakemalla ja sopivia pyy-dyksiä rakentelemalla. ■



Särkikalaja parvessa. Kuva Reijo Juurinen/LKA.

	Inarinjärvi	Kilpisjärvi	Sompiojärvi	Lappajärvi	Längelmävesi	Rautavesi	Konnevesi	Päijänne	Pääjärvi	Lohjanjärvi	Tuusulanjärvi
järvinahkiainen							x	x			
siika	x	x	x	x			x	x			
muikku				x	x	x	x	x	x	x	
taimen	x	x		x			x	x			
nieriä	x	x									
harjus	x	x					x				
kuore				x	x	x	x	x	x	x	
mutu	x	x	x		x	x	x	x			
salakka				x	x	x	x	x	x	x	x
ruutana						x	x	x		x	
seipi			x					x			
säyne			x	x	x	x	x	x		x	
särki			x	x	x	x	x	x	x	x	x
sorva				x	x		x	x		x	x
toutain						x					
lahna				x	x	x	x	x	x	x	x
sulkava						x		x		x	
pasuri					x	x	x	x		x	x
törö						x					
kivenuoliainen					x	x	x	x	x		
hauki	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ankerias				x		x		x		x	
made	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
kolmipiikki	x										
kymmenpiikki	x			x		x	x	x			
ahven	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
kuha				x	x	x	x	x		x	
kiiski		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
härkäsimppu				x			x	x			
kivisimppu		x		x	x	x	x	x	x	x	
kirjoeväsimmä		x						x			
Yhteensä	10	9	9	18	15	21	23	26	11	17	9

*Inarinjärvi ja Kilpisjärvi ovat niukkaravinteisia, samoin Lammin Pääjärvi. Sompiojärvi oli ennen Lokan altaan osaksi joutumista omalaatuinen ja runsas-tuottainen "kalankasvatusallas". Tuusulanjärvi on tyypillinen runsasravinteinen, eutrofinen järvi. Eutrofisia piirteitä on myös Längelmävedessä ja Lohjanjärven läheisyydessä. Lappajärvi, Konnevesi, Rautavesi ja Päijänne ovat eriasteisesti ruskeavetisiä ja verrattain niukkaravinteisia.*

## Kalastomme viimeaikaiset muutokset

Kalastossamme on viimeksi kuluneiden sadan vuoden aikana tapahtunut suurempia muutoksia kuin koskaan vastaavan pituisena aikana jääkauden jälkeen. Toisaalta tarkkoja tietoja kalalajien yleisyyden ja runsauden muutoksista on saatavissa vain noin sadalta viime vuodelta.

Lajiston muutokset ovat melko vähäisiä. Monni hävisi sisävesistämme 1860-luvulla, ja lähes tasan sata vuotta sen jälkeen pyydystettiin Suomenlahden viimeiset yksilöt. Sampea, toista

jättiläistä, ei ole tavattu meillä 1930-luvun jälkeen. Rannikkovesistämme on kuitenkin 1960-luvulta lähtien saatu neuvostoliittolaisten istutuksista peräisin olevia muita samplilajeja. Monnia ja sampea on maassamme aina ollut vähän, ja lajit ovat täällä eläneet levinneisyytensä pohjoisrallalla.

Uusiksi kalastomme jäseniksi on istutettu piikkimonni, harmaanieriä ja peledsiika. Nämä ovat lisääntyneet luonnonvesissä. Kirjolohi, ensin istutettuna ja nyt säännöllisenä karkulaisena sekä karppeja istutettuna kuuluvat nekin kalastoomme. Itämeren pohjoisosassa ei minkään kalalajin ko-

tiuttaminen ole onnistunut niin pitkälle, että luonnossa lisääntyviä kantoja olisi syntynyt.

Selvästi taantuneita ovat vaelluskalojen kannat. Jokien veden laatu on muuttunut, ja padot ovat estäneet kalojen nousun kutujokiinsa. Itämereen laskevat jokemme tuottavat lohenpoikasia enää viidennen osan luonnontilaisesta määrästä. Itämereen laskevasta, alunperin 47:stä meritaimenen kutujoesta on jäljellä enää viisi. Ilman poikasistutuksia lohi- ja taimenkan- tamme olisivat hyvin pienet.

Myös vaellussiian kannat ovat taantuneet, samoin nahkiaisen, mutta ei niin huomattavasti kuin lohen heimon lajit. Harjus, säyne ja vimpa ovat myös vähentyneet. Sisävesikaloiistamme tietyt alkuperäiset siikakannat ovat taantuneet. Nieriä on hävinnyt osasta Vuoksen vesistöä ja Kuusamos-ta. Lohen sisävesimuodon, järvi-lohen lisääntyminen on jo kalan-viljelylaitosten varassa. Toutain, särkikaloiistamme komeimpia, on uhanalainen laji. Sitä on ilmei-sesti enää vain jonkin verran Ko-kemäenjoen vesistön alajuoksul-la.

Istutukset ovat auttaneet ruu-tanaa, suutaria, lahnaa, muikkua ja kuhaa yleistymään. Vesien re-hevöityminen on lisännyt särjen, pasurin, sulkavan ja sorvan mää-riä. Rannikkovesissämme li-kaantuminen tai rehevöityminen on karkoittanut tiettyjä kaloja, esimerkiksi mateen, kampelan ja simput ulommas saaristoon. La-jiluku on esimerkiksi Helsingin edustalla vähentynyt, mutta bio-massa on kasvanut.

Yhtään uutta lajia ei maaham-me ole luontaisesti levinnyt vii-meksi kuluneen sadan vuoden aikana. Istutetut lajit ovat myös pysyneet kurissa toisin kuin maalla, jossa jotkin luonnolle vie-raat lajit (esimerkiksi piisami, minkki tai valkohäntäpeura) ovat nopeasti laajentaneet aluettaan. Vesieläimet ovat leviämisekolo-gialtaan "jäykempiä". Istutettu-jen lajien leviämistä on vaikeut-tanut myös se, että ne ovat olleet ympäristönsä suhteen vaateliai-ta lajeja.

Muutettaessa vesiä kaloille epäedulliseen suuntaan uusia, kalastuksen kannalta arvokkaita lajeja ei helposti ole saatavissa tilalle. Ihmisen toimet kalastom-me ja kalakantojen vaalimisessa ovat ainoat mahdolliset. ■



# KALANTUOTANTO JA KALASTUS

Mikael Hildén

**Sekä kalastajan että kalastuksen valvojan keskeinen kysymys on, miten paljon tulisi kalastaa. Jos kalastus on liian tehokasta, kalakannat saattavat vaarantua. Jos kalastusta rajoitetaan liikaa, kalastajat kärsivät. Tasapainon löytämisen ääritapausten väliltä edellyttää tietoa kalantuotannosta ja siihen vaikuttavista tekijöistä.**

Kalantuotantoa on kalojen kasvu ja usein myös sukusolujen kehittyminen. Tuotannon mittaamiseksi tarvitaan kasvutietojen lisäksi tietoa yksilömäärän muuttumisesta. Muutosten seuraaminen on olennaista, koska kalojen lukumäärä ja keskikoko muuttuvat koko ajan. Tuotanto on siten tapahtuma, jota on tarkasteltava pitkän ajan kuluessa. Hetkellinen havainto kertoo kalantuotannosta yhtä vähän kuin opastamaton pikavierailu tehtaalla kertoo tehtaan vuosituotannosta.

## Mädistä aikuiseksi kalaksi

Parhaimman käsityksen tuotannosta saa aloittamalla tarkastelun veteen lasketusta mädistä. Kutu tuottaa vesistöön valtavan määrän mätijyviä. Yksi ahvennaaras voi tuottaa kymmeniä tuhansia mätimunia. Mateen mätimunien määrä on satoja tuhansia.

Suuresta osasta munista kuoriutuu poikasia, jotka ovat alle senttimetrin pituisia, läpinäkyviä ja muutaman milligramman painoisia. Kuoriutuminen merkitsee poikasille altistumista vaaroille. Poikasten lukumäärä väheneekin nopeasti. Pedot, sairaudet, synnynnäiset epämuodostumat ja veden huono laatu voivat vähentää poikasmäärää viidellä prosentilla vuorokaudessa. Siten kuukauden kuluttua on enää korkeintaan puolet alkuperäisestä määrästä jäljellä.

Samalla poikaset kasvavat. Henkiinjääneiden keskipaino voi kahden kuukauden kuluttua olla tuhatkertainen verrattuna vasta-kuoriutuneiden kalojen keskipainoon. Pitkin kesää kuolleisuus pienenee. Vuoden lopussa on

kuitenkin enää korkeintaan muutama prosentti alkuperäisestä poikasmäärästä jäljellä.

Ensimmäisen elinvuoden jälkeen muutokset kalojen lukumäärässä ja keskikoossa eivät ole yhtä nopeita. Kuolleisuus vähenee muutamia kymmeniä prosenteihin vuodessa. Samalla kasvunopeus hidastuu.

Kun tiedot eloonjäämisestä ja kasvunopeudesta yhdistetään, saadaan tuotantoarvio. Suurin osa kalojen tuotannosta keskittyy ensimmäiseen tai ensimmäisiin elinvuosiin.

## Pitäisikö kalastaa nuoria kaloja?

Nuoret kalat ovat tuottavampia kuin aikuiset kalat. Niitä ei kuitenkaan tulisi pelkästään kalastaa, sillä tuotanto perustuu suureen poikasmäärään. Jos nuoria kaloja onnistuttaisiin pyydystämään tehokkaasti, kuolleisuus suurenisi ja lopulta sukukypsien kalojen määrä vähenisi. Kun kutevien kalojen määrä vähenee riittävästi, jälkeläismääräkin vähenee. Kannan romahdus on edessä.

## Miksi kalakannat kestävät kalastusta?

Jos tavoitteeksi otetaan mahdollisimman monien kutevien kalojen suojeleminen, kalastuksen pitäisi hyödyntää vain hyvin vanhoja kaloja. Kuitenkin monien kalakantojen tiedetään kestävän varsin tehokasta kalastusta.

Kalakannoilla täytyy olla keino korvata kalastuksen aiheuttamia menetyksiä. Nykyään oletetaan, että kalakannat kestävät kalastusta pääasiassa siksi, että kuol-

leisuus mätii- ja poikasvaiheen aikana voi muuttua. Kuolleisuus on ilmeisesti riippuvainen mädin ja poikasten tiheydestä. Jälkeläismäärä ei olekaan suoraan verrannollinen kutevien kalojen määrään. Pieni määrä kutevia kaloja voikin tuottaa yhtä paljon jälkeläisiä kuin suurikin määrä. Kuolleisuus on korkeampi silloin, kun poikasia on runsaasti ja pienempi silloin, kun poikasia on vähemmän.

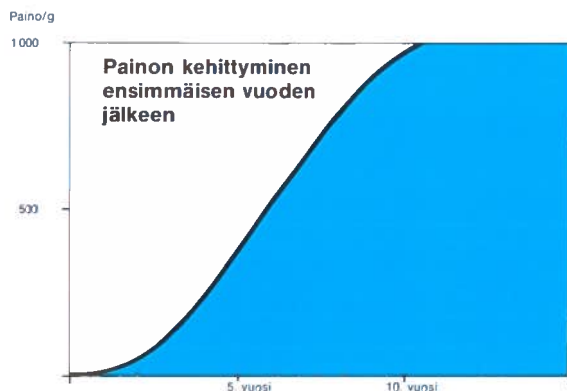
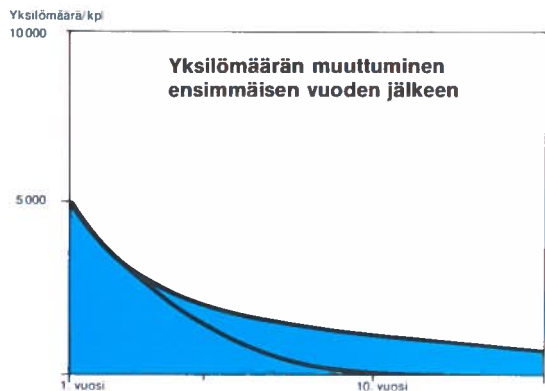
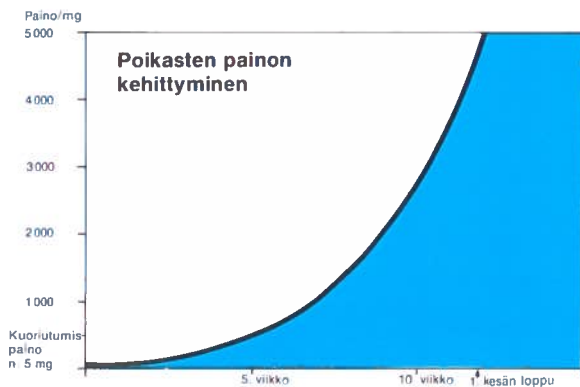
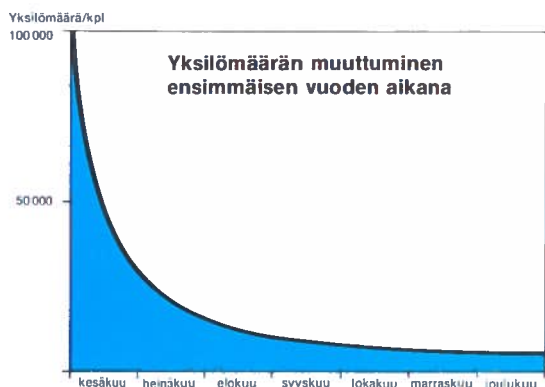
Suhde kutevien kalojen lukumäärän (emokannan) ja jälkeläismäärän välillä on tärkeä, koska se toimii kannan sisäisenä säätelykeinona ja määrää, kuinka paljon kalakantaa voidaan hyödyntää. Eräillä kalakannoilla emokannan pieneneminen johtaa jopa jälkeläismäärän kasvuun.

Syitä kannan sisäiseen säätelyyn on helppo löytää. Kannibalismi, petojen kerääntyminen sinne, missä poikasia on paljon, kilpailu ravinnosta tai suojapaikoista, sairauksien ja loisten tehokkaampi leviäminen mätii- ja poikastihentymisissä voivat johtaa tiheydestä riippuvaan kuolleisuuteen.

Vaikka kalakannat säätelevät sisäisesti tiheyttään, eivät kannat kestä rajatonta kalastusta. Kun kannan sietokyky ylitetään, romahdus voi olla nopea ja johtaa kannan katoamiseen moneksi vuodeksi. Tämä on ollut monien sillikantojen kohtalo. Myös Pohjois-Itämeren kilohailikanta on romahtanut, ja maailmassa on useita kalakantoja, joiden tulevaisuus on uhattu.

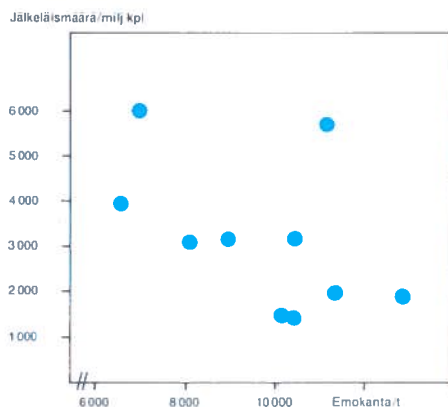
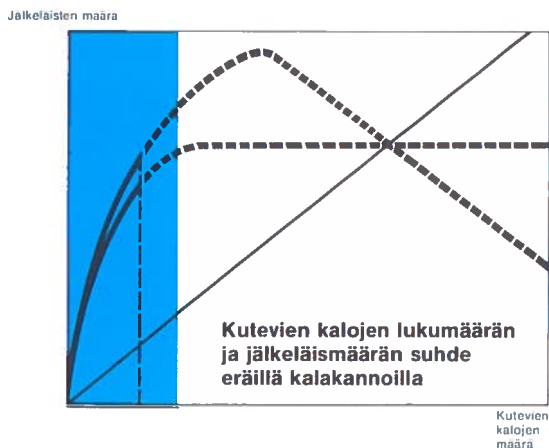
## Kalakannat, kalantuotanto ja videopelit

Koska jokaista kalayksilöä ei voi laskea eikä siten seurata, mitä kalakannassa todella tapahtuu, tapahtumia kuvataan matemaattisten mallien avulla. Mallien tavoitteena on kuvata kalakantojen olennaisimpia piirteitä. Tietokoneohjelmilla tutkijat voivat pe-



Ensimmäisen elinkuukauden aikana kalanpoikasista kuolee 5 % päivässä. Ensimmäisen vuoden lopussa jäljellä on noin 5 % alkuperäisestä poikasmäärästä. Ensimmäisen vuoden jälkeen kuolleisuus on aluksi 30 % vuodessa, mutta pienenee parin vuoden jälkeen 10%:n vuositasolle. Jos kantaa kalastetaan, on kuolleisuus 40 % vuodessa.

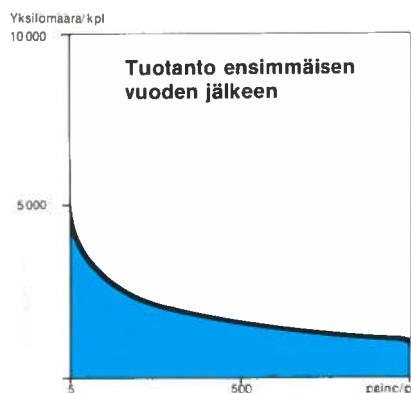
Poikasten paino on noin 1000-kertainen ensimmäisen kesän lopussa alkupainoon verrattuna. Kasvu hidastuu kalan vanhetessa. Koko loppuelämän aikana paino kasvaa vain 200-kertaiseksi verrattuna ensimmäisen kesän loppupainoon.



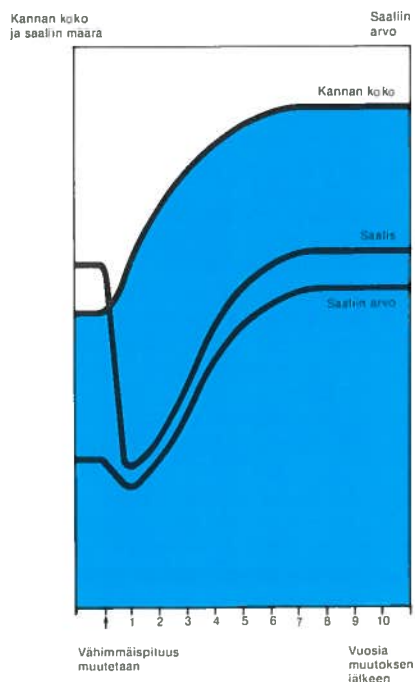
Suoraviivaisen suhteen, jossa kalakannan poikasmäärä on lähes riippumaton emokannan koosta, on ajateltu luonnehtivan mm. sillikantoja. Käyrät kuvaavat suhdetta kannassa, jossa jälkeläismäärä pienenee emokannan ylittäessä tietyn raja-arvon. Mm. turskalla ja Tyynen meren lohilla on havaittu tällainen suhde. Kala-kanta voi vaarantua, jos kalastus pienentää kutevan kannan kuvan osoittamalle alueelle.

Suomenlahden silakkakanta on esimerkkinä todellisista havainnoista emokannan ja jälkeläismäärän suhteesta. Suuri luonnollinen vaihtelu vaikeuttaa emokannan ja jälkeläismäärän suhteen löytämistä.





*Tuotantoarvio saadaan yhdistämällä yksilömäärän ja painon muutokset. Alle 200 grammaa painavat kalat vastaavat suurimmasta osasta tuotantoa.*



*Yksinkertaisen kalakanta-mallin avulla tutkittiin lahnan pyyntikoon muutoksia saaliin kokoon ja arvoon. Pyydettävien lahnojen vähimmäismittaa suurennettiin 35 senttimetristä 40 senttimetriin. Saalis ja sen arvo pienenevät ensin, mutta ovat jonkin ajan kuluttua suurempia kuin alkuperäiset.*

lata omia videopelejä ja kehittää sääätelyvaihtoehtoja. Mallien avulla pyritään luomaan hoito-ohjelma, joka takaa sekä saaliita kalastajille että kannan säilymisen.

Tällä hetkellä yleisesti käytettyihin malleihin sisällytetään tiedot kalojen kasvusta, kuolleisuudesta, jälkeläismäärästä ja kalastuksesta. Mallien avulla pyritään löytämään mm. sopivin pyyntikoko ja kalastusteho.

Mallien kehittäminen ja käyttö ei ole ongelmaton. Mallit ovat epätäydellisiä luonnonilmiöiden kuvaajia. Koska ne ovat ihmisten kehittämiä, ne heijastavat myös kaikkia aukkoja tietämyksessämme ja ennakkoluulojamme luonnosta. Usein mallit ottavat vain yhden kalakannan kerrallaan huomioon, vaikka kalakannat vaikuttavat myös toisiinsa. Vastaavasti tiedot poikasvaiheesta ovat täynnä aukkoja. Mallien parantamiseksi ei riitä tieto, että kuolleisuus on suuri. Pitäisi myös tietää, mikä aiheuttaa poikasten katoamisen ja milloin kuolleisuus on suurinta.

Mallien ennustukset ovat epävarmoja, koska mallit ovat epätäydellisiä. Ne ovat epävarmoja myös siksi, että luonnossa on vaihtelua. Vaikka emokannan koko ja jälkeläismäärä voitaisiin mitata oikein monen vuoden ajan, ei silti riippuvuussuhdetta voitaisi piirtää, sillä pieni emokanta voi joinakin vuosina tuottaa runsaasti jälkeläisiä ja toisina vähän. Lopputulos tästä luonnon omasta vaihtelusta on, että kuva riippuvuussuhteesta muistuttaa kottaraisparvea syystaivaalla.

## Kalastuksen säätely epävarmassa maailmassa

Epävarmuus on osa jokapäiväisestä kalastuksen säätelystä niin kauan, kun tietämys kalantuotannosta ja siihen vaikuttavista tekijöistä on epätäydellinen. Uusia tutkimustuloksia odotellessa kalakantoja ei kuitenkaan voi jättää oman onnensa nojalle. Säätelystä tarvitaan ja sen täytyy perustua uusimpaan käytettävissä olevaan tietoon. Samalla on myös pyrittävä ennustamaan eri sääätelyvaihtoehtojen seurauksia ja ennusteiden epävarmuuksia. Kalantuotannon käytön järjestyttämisestä hyötyvät sekä kalakannat että kalastajat. ■

# KUOLEEKO SAIMAANHYLJE SUKUPUUTTOON?

Eero Helle

**Norppa on pohjoisten valtamerten asukas. Niinpä se asusti Luoteis-Euroopassa viime jääkauden jälkeenkin, kun jään alla painunut maankamara alkoi kohotessaan kuroa vesistöjä irti merestä. Epäilemättä norppa jäi saarroksiin moniin syntyneisiin järviin, mutta vain muutamissa paikoissa se on säilynyt elossa meidän tietoomme asti. Saimaanhylje on yksi näistä eristyksiin joutuneista, elossa olevista norppakannoista. Saimaanhyljeiden määrä yltää nykyisin juuri ja juuri 150:een.**

Saimaanhyljeen kanta on heikentynyt viime vuosikymmeninä. Kun kannan koko arvioitiin ensimmäisen kerran tarkkoihin maastolaskentoihin perustuen vuonna 1966, hylkeitä arveltiin olevan noin 280 yksilöä. Seuraava laskentaan perustuva kokonaisarvio on vuodelta 1971, jolloin hylkeitä oli enää noin 180. Tuon jälkeenkin kanta on vielä heikentynyt. Tuorein arvio vuodelta 1985 on 150 yksilöä.

Olisi mielenkiintoista tietää, kuinka suuri saimaanhyljekanta on vahvimmillaan ollut. Amerikkalainen V.B. Scheffer arvioi hyljekirjassaan 1950-luvulla Saimaan pinta-alaan ja merinorppien tiheyksiin perustuen saimaanhyljekannan kooksi 5 000 yksilöä. Tämä lienee kuitenkin ollut selvä yliarvio, sillä on vaikea kuvitella saimaanhylkeitä olleen yli 1 000 ainakaan tämän vuosisadan aikana. Tämä arvio perus-

tuu mm. siihen, että vuosisadan alussa maksettiin tapporaha vuosittain keskimäärin vain noin viidestätoista hylkeestä.

## "Väärässä" ympäristössä

Saimaan sopivuutta tai sopimattomuutta norpan elinympäristöksi voidaan arvioida tarkastelemalla niitä valtameriin kuulumattomia vesiä, joissa norppakanta on säilynyt elinvoimaisena. Lähimpänä, Laatokassa, ellee runsaat 10 000 hyljettä, jotka voivat hyvin. Itämerennorppa on niinkään täysin eristyneenä valtamereistä ja sen lähes 10-tuhattonen kanta on paljon turvatumpi kuin saimaanhyljeen, vaikka ympäristömyrkyt ovatkin käymässä sille kohtalokkaiksi.

Norpan lähisukulaiset Baikalissa ja Kaspienmeressä elävät 10- ja 100-tuhantisina kantoina, joiden tulevaisuus ei ole lähitulevaisuudessa uhattuna. Itämeri, Laatokka, Baikaljärvi ja Kaspienmeri ovat suuria, yhtenäisiä vesialtaita, jotka ovat kuin pieniä meriä. Saimaa eroaa näistä selvästi: suurista ulottuvuuksistaan huolimatta se on vesistöreitti, jonka saaret ja salmet pilkkovat kymmeniksi ja sadoiksi pieniksi vesialueiksi. Saimaassa norppa on siis säilynyt elossa pienessä vesistössä eli norpalle vieraimmassa ympäristössä. Hyljeiden vaikeudet Saimaassa johtuvatkin pohjimmiltaan todennäköisesti juuri vesistön pienuudesta ja sokkeloisuudesta.

Etenkin viime vuosikymmeninä saimaanhyljeen kohtaloksi on kuitenkin käynyt ihmisen suora tai välillinen läsnäolo kaikkialla Saimaan selillä ja sopukoissa.

## Monet tekijät uhkaavat...

Metsästys ei ole uhannut saimaanhyljettä sitten vuoden 1955, jolloin tämä hyljekanta rauhoitettiin. Saimaanhyljeet olisivat lie olleet aikanaan hyvinkin alttiita metsästyspaineelle, sillä ne ovat olleet helposti tavoit-



Saimaannorpan imetys. Kuva Juha Taskinen.



tettavissa. Ne ovat aina asuneet suhteellisen lähellä rantaa toisin kuin sukulaisensa merellä tai jopa Laatokalla. Näin ollen metsästys olisi voinut koitua aikaan paljon kohtalokkaammaksi, mutta saimaanhylkeen onneksi hylkeenpyynti ei ole koskaan kuulunut ranta-asukkaiden elämänmenoon.

Saimaanhylkeen poikastuotto on heikko. Nykyisin arvioidaan vuosittain syntyvän pari kymmentä kuuttia eli valkoturkkista poikasta, kun ikärakenteeltaan normaalin 150 yksilön kannan pitäisi tuottaa reilut kymmenen poikasta enemmän. Syitä voi olla monia. Tärkein löytynee vinoutuneesta ikärakenteesta: pienestä syntyvyydestä ja korkeasta poikaskuolleisuudesta johtuen naaraat ovat iäkkäitä. Vanhojen naaraiden lisääntymiskyky on heikempi kuin parhaassa lisääntymisiässä olevien 5—15 -vuotiaiden naaraiden. Lisääntymistehon aleneminen eläimen vanhetessa on yleinen biologinen piirre. Lisäksi monet paineet — mm. ympäristömyrkyjen aiheuttamat — vaikuttavat voimakkaammin vanhoihin yksilöihin.

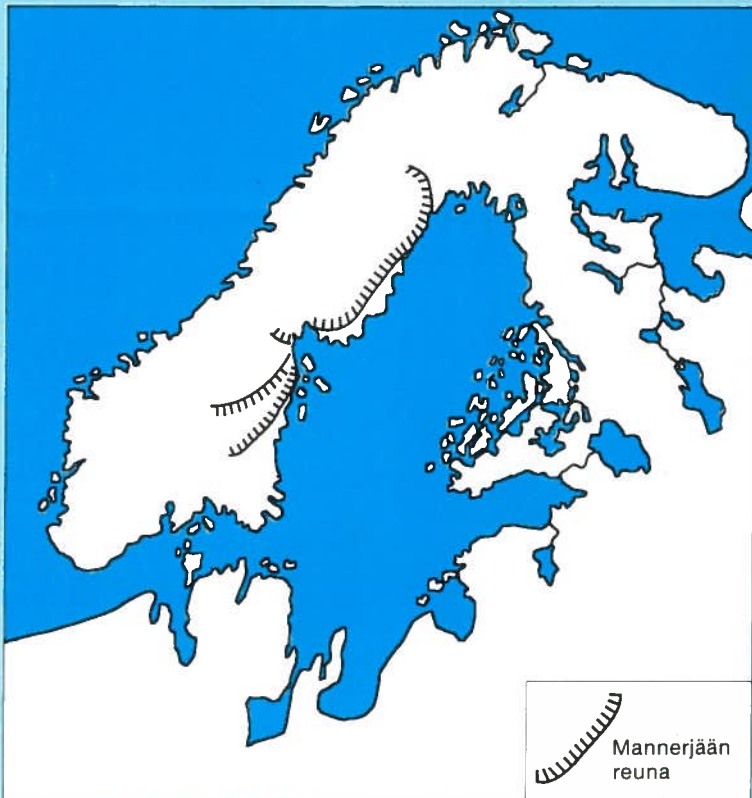
Myös saimaanhylkeiden esiintymisen hajanaisuus saattaa alentaa poikastuotantoa. Harvaan asutetuilla vesillä sukukypsä naaras ja uros eivät aina osu yksin otollisimpana aikana. Toisen kuollessa saattaa toinen osapuoli jäädä parittomaksi ainakin joksikin aikaa.

### Poikasia kuolee paljon

Yhtä kohtalokkaasti on vaikuttanut korkea poikaskuolleisuus. Vastasyntyneiden — joko normaaliin aikaan tai lievästi ennenaikaisesti syntyneiden — poikasten kuolleisuus on epätavallisen korkea, sillä vuosittain jopa 20—30 % syntyneistä kuuteista löydetään kuolleina. Tämän syitä ei vielä tunneta, mutta korkeat raskasmetallipitoisuudet (lähinnä elohopean ja nikkelin) saattavat olla osallisina tapahtumassa.

Toinen poikaskuolleisuus- huippu osuu touko-kesäkuulle, kun parin kuukauden ikäiset nuoret hylkeet alkavat toden teolla pyydystää kaloja omin päin. Kokemattomalle uimarille kalaverkko on petollisen näkymätön ja kalaisa verkko vielä taitamattomalle kalastajalle vastustamattoman houkutteleva. Mutta voi-

*Fennoskandia tuhansia vuosia sitten (Sauramo 1958), jolloin hyljekanta joutui eroon tulevista itämerennorppista. Laatokka hylkeineen itsenäistyi jo pari tuhatta vuotta aikaisemmin.*



## SAIMAANHYLKEEN SYNTY

Arktinen norppa — saimaanhylkeen kantamuoto — oli jääkauden jäljiltä hahmottuvan Suommenniemen ensimmäisiä asukkaita. Se viihtyi aavojen selkien lisäksi myös tuolloisen Itämeren altaan saaristoissa, mistä se muuten lienee saanut ruotsinkielisen nimensä "vikare" eli "lahtelainen".

Norpan lajityypillinen taipumus asustaa myös rantavesissä ja nousta jopa jokisuihin johtimaan kohotessa siihen, että vähä vähältä syntyviin järviin jäi norppia saarroksiin erilleen pääkannasta. Ensin näin sai alkunsa tuleva laatokanhylje noin 10 000 vuotta sitten. Jo tuolloin Salpausselkä erotti Etelä-Saimaan Suomenlahdesta, mutta vasta muodostumassa olevat Keski- ja Pohjois-Saimaa olivat vielä väl-

jästi yhteydessä tuolloiseen Itämeren altaaseen.

Pari tuhatta vuotta myöhemmin, 8 000—8 500 vuotta sitten Saimaa kuroutui lopullisesti irti Itämerestä, ja nykyiseen saimaanhylkeeseen johtanut kehityshaara syntyi. Saimaanhylje on siis viimeksi ollut yhteydessä emäkantaansa länteen ja luoteeseen eli tulevan Pohjanlahden suuntaan.

Loppujen lopuksi saimaan- ja laatokanhylkeen emäkanta, Itämeren norppa, jäi itsekin eristykseen Jäämeressä elävästä pääkannasta norpan levinneisyysalueen etelärajan noustessa pohjoisemmaksi sekä Norjan rannikolla että Itämerellä. Vaikka näiden kantojen välillä onkin vesiyhteys, kolmen tuhannen kilometrin välimatka ja norpalle soveltumattomat jäättömät talvet Skandinavian niemimaan eteläosassa pitävät nämä sukulaiset täysin erillään nykyisen kaltaisissa ilmasto-oloissa — kunnes viimeistään seuraava jääkausi mulistaa taas norpankin elämän.

mat eivät vielä riitä nylonverko-  
sta vapautumiseen. Synkimpinä  
vuosina 1970—1980 -luvun tait-  
teessa jopa puolet keväällä syn-  
tyneistä polkasista hukkui kala-  
verkkoihin neljän ensimmäisen  
elinkuukauden aikana.

Syntymäkuolleisuuden ja  
verkkoihin hukkumisen aiheutta-  
mat menetykset ovat niin huo-  
mattavia, että mikään eläinlaji ei  
sellaista kestä vähentymättä pit-  
kää aikaa. Saimaanhylkeelläkin  
se on heikentänyt kantaa ja eten-  
kin estänyt sitä elpymästä muu-  
toin rauhoitettuna.

### **Saimaanhyljettä voidaan auttaa**

Saimaanhylkeen lisääntymiste-  
hoon ei voida vaikuttaa millään  
keinoin suoraan, mutta lisäänty-  
misen edellytyksiä voidaan pa-  
rantaa. Ympäristömyrkyttäakka  
on pidettävä mahdollisimman  
pienenä. Pesimärauha on saata-  
va hylkeen tärkeimmille lisäänty-  
misalueille. Selvää on, että sai-  
maanhylje ei kestä sellaista ve-  
denpinnan korkeuden säännös-  
telyä, jossa veden pintaa laske-  
taan lisääntymisaikana sydän-  
taivella oleellisesti luonnonmu-  
kaista rytmiä enemmän. Se joh-  
taisi nimittäin vesirajaan raken-  
nettujen pesien romahtamiseen  
ja monessa tapauksessa jälki-  
kasvun tuhoutumiseen.

Poikaskuolleisuuden alenta-  
miseen sen sijaan on keino tie-  
dossa. Verkkokalastuksen ra-  
joittaminen hylkeen parhailla pe-  
simäalueilla kriittisiksi alkukesän  
kuukausiksi on viime vuosina  
säästänyt useiden poikasten  
hengen. Koska nämä kalastus-  
rajoitukset ovat osoittautuneet  
ainoiksi välittömästi vaikuttavik-  
si ja tehokkaiksi suojelukeinoik-  
si, niihin olisi keskitettävä entistä  
enemmän voimavaroja.

Saimaanhylkeen säilyminen  
satojen vuosien päähän voi olla  
uhattuna sen vuoksi, että Sai-  
maa on norpalle äärieliympäris-  
töä. Tämä teoreettinen näkö-  
kanta voidaan kuitenkin jättää  
syrrään. Saimaanhylje on sulstu-  
nut sukupuuton partaalle ääret-  
tömän nopeasti, vain muutaman  
hyljesukupolven kuluessa. Syy-  
nä on ollut ihmisen toiminta. Kun  
tiedossamme on keinoja ihmisen  
aiheuttamien vahinkojen korjaa-  
miseksi, meidän velvollisuutem-  
me on käyttää niitä ja siten säi-  
lyttää saimaanhylje vielä pitkälle  
tulevaisuuteen. ■

## **MAJAVA — VESIELÄIN**

Asko Kaikusalo

**Majava kuuluu niihin aniharvoin eläinlajeihin, jotka kykene-  
vät muuttamaan ympäristöä omien elinvaatimustensa mu-  
kaisesti. Rakentamallaan padolla se nostaa veden pinnan  
halutulle korkeudelle ja siirtää samalla rantaviivaa jopa sato-  
ja metrejä. Näin se suojaa pesänsä ja turvaa vesitien ravin-  
tolähteilleen.**

Vaikka majava ruokailuretkillään  
joutuu tallustelemaan kuivallakin  
maalla, sen omin elementti on  
vesi. Vesielämäänsä se on sopeu-  
tunut jo rakenteensaakin puoles-  
ta: majavan turkki, erityisesti sen  
tiheä pohjavilla eristää oivasti  
veden ja vilun. Takajalkojen rä-  
pylät ja melamaiseksi litistynyt  
häntä tehostavat uintia. Sukelta-  
essaan eläin voi ummistaa sierai-  
mensa ja korva-aukkonsa iho-  
pimuilla. Lisäksi majava pystyy  
sulkemaan suunsa siten, että  
etuhampaat jäävät esille. Näin  
jyrsiminen luontuu täysitehoi-  
sesti myös pinnan alla.

### **Sukeltava metsuri**

Kesällä majava syö ranta- ja ve-  
sikasveja. Esimerkiksi ulpukan  
juurakot ovat sen herkkua. Kui-  
tenkin tärkeimmän ravintolähteen  
muodostavat lehtipuut ve-  
soineen; suosittuja ovat varsinkin  
haapa, koivu, lepät ja raita. Mieluiten  
majava syö nuoria, vain muutaman  
senttimetrin paksuisia puita, jotka katkeavat  
parilla puraisulla. Vasta kun  
nämä käyvät vähiin, eläin käy jä-  
reämpien, monituumaistenkin  
puujättiläisten kimppuun.

Mahtavilla hampaillaan jyystä-  
en se kiertää tyvää, kunnes run-

ko rojahtaa ja muistoksi urakas-  
ta jää kauniin kartiomainen kan-  
to. Tämän jälkeen puu päätetään,  
kuljetetaan pesän lähistölle ja  
ankkuroidaan pohjamutaan tal-  
ven ruokavarastoksi.

### **Insinööri ja rakentaja**

Majavat parittelevat sydäntal-  
vella ja poikaset — luvultaan  
useimmiten 2—4 — syntyvät ke-  
väällä. Joskus majavat vain kai-  
vavat rantapenkereeseen maan-  
alaisen pesäonkalon, mutta  
useimmiten ne muuraavat run-  
gonpätäkistä ja risuista mudalla  
tiivistäen korkean kekopesän,  
jonka uumenissa sijaitsee yksi  
tai useampia asuinkammioita.  
Kaikki kulkuaukot johtavat pin-  
nan alle. Taatakseen veden kor-  
keuden kuivina aikoina maja-  
va rakentaa pesän alapuolelle  
"säännöstelypadon".

Yleensä eläimen tarvitsee kat-  
kaista vain parimetrinen puron  
kulku, mutta hyvin loivarantai-  
sessa maastossa pato voi venyä  
jopa satametrisiksi. Materiaali-  
na käytetään risuilla ja rungoilla  
vahvistettua "mutabetonia".  
Usein pato rakennetaan ylävir-  
taan kaarevaksi, jolloin veden  
paine vain tiivistää sitä.

Vedenpintaa nostamalla maja-





*Majava pesäkeollaan.  
Kuva Pekka Nurminen/LKA.*

*Majavapato.  
Kuva Pentti Johansson/LKA.*



va laajentaa ruokamaitaan. Tulvan levitessä yhä syvemmälle metsään uutta ravintoa tarjoutuu uinti- ja uittoreittien ulottuville. Toisinaan majava vielä tehostaa vesi-insinöörin työtään kaimamalla turpeikkoon puunkuljetuskanavia.

Ahkeroinnillaan majava aiheuttaa sen, että vesi nousee. Veden valtaan joutuneet puut kuolevat pian. Metsätuhojen ohella jatkuva tulva voi aiheuttaa haittaa myös maanviljelijöille. Jos majavat muuttavat tiehensä,

pato ränsistyy je vesi laskee, mutta uuden metsän sijasta alueelle kohoaakin sankka heinästö. Majavien ansiosta ovat syntyneet monet Pohjois-Suomen jokivarsiniityt.

#### **Eriarvolinen**

Valitettavasti majavien ja metsänomistajien edut käyvät pahaksi kerran ristiin. Runsaimmilla majava-alueillamme Pohjois-Karjalassa on latuskahäntien ansiosta veden vallassa hetkittäin jopa tuhansia metsähehtaareja.

Tuhojen torjuminen ei ole helppoa. Padon purkaminen onnistuu vain räjäyttämällä, mikä edellyttää myös eläinten metsästämistä.

Takavuosina majava kuului arvoriistaan. Eritoten sen turkki oli niin haluttu, että laji surmattiin sukupuuttoon 1800-luvulla. Lähinnä Pohjois-Amerikasta tuotujen istukkaiden avulla maamme majavakanta on elvytetty uudelleen, joskaan ei enää alkuperäislajisena. Nykyisin metsästäys on luvanvaraista. ■



# ITÄMERI — ERIKOINEN EKOSYSTEEMI

Aarno Voipio

Itämeren pinta-ala, n. 372 000 km<sup>2</sup>, on yksi tuhannesosa maailman merien kokonaispinta-alasta. Kuitenkin Itämeren ja siihen laskevien jokien rannoilla asuu lähes sadasosa maailman väestöstä. Heidän yhteenlaskettu kansantulonsa on kymmenesosa koko maailman kansantulosta. Itämerestä saatava kalansaalis on yksi prosentti koko maailman kalansaaliista eli huomattavasti suurempi kuin koko edellyttäisi. Itämeri on myös tärkeä liikennereitti. Esimerkiksi maailman öljykuljetuksista 6 % tehdään Itämerellä.

Itämeri ei ole järvi eikä valtameri. Moni sen piirre muistuttaa järviä: Itämeri on pieni verrattuna valtameriin. Se myös jäätyy joka vuosi pohjoisten järvien tapaan. Saariston maisematkin ovat usein hyvin samanlaisia kuin maamme suurten järvien alueilla. Toisaalta Itämeri on suorassa yhteydessä maailman valtame-

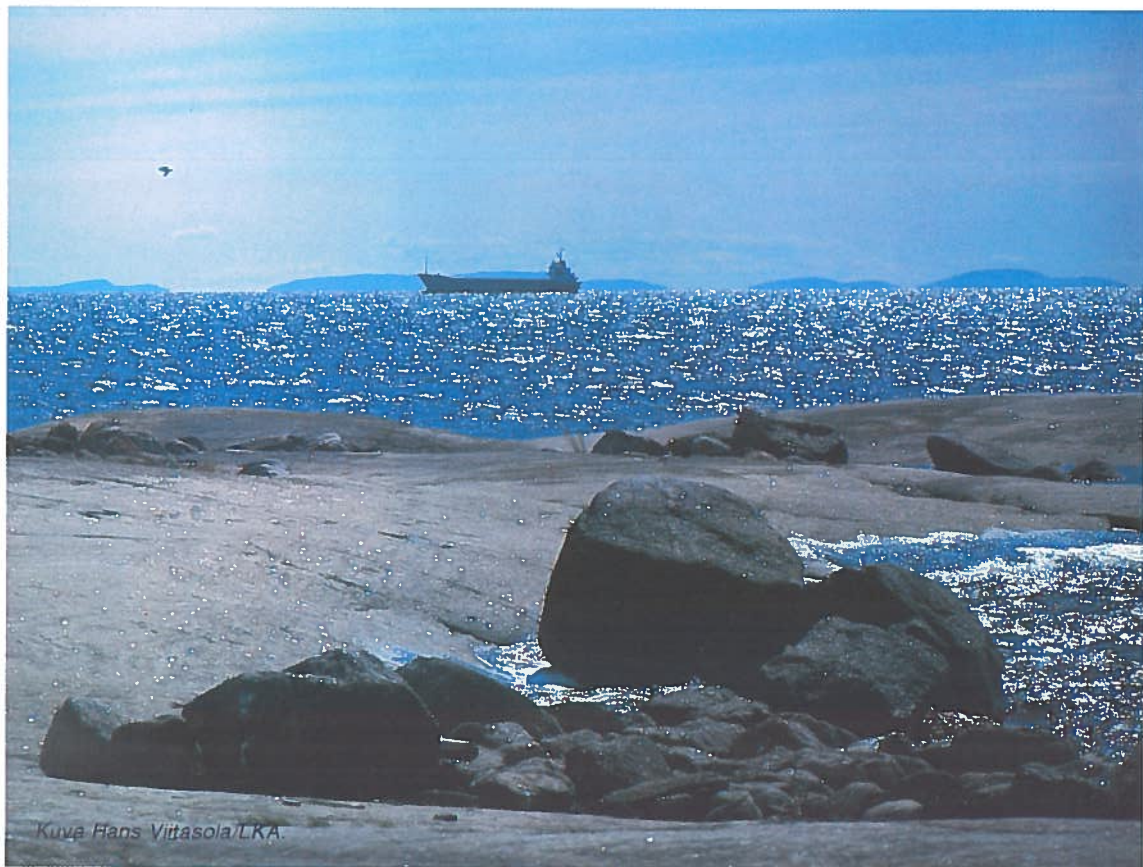
riin: sen vesi on suolaista, tosin vain viidesosa valtamerien suolaisuudesta.

Ainutlaatuiseksi Itämeren kuitenkin tekevät kolme sen piirretä: vaihteittain kasvava suolaisuus, veden selvä kerroksellisuus ja monivivahteinen geologinen kehitys viimeisten 10 000 vuoden aikana.

## Kehityksen tulos: erikoinen ekosysteemi

Muutama miljoona vuotta sitten Itämeren alue oli mannerta. Jokien virtaussuunnat kertovat kuitenkin, että jo tuolloin Itämeren paikalla oli maankuoren painautuma. Itämeren pääpiirteet muistuttivat ilmeisesti varsin paljon nykyisiä jo noin 100 000 vuotta sitten. Kuitenkin niinkin myöhään kuin viimeisten 10 000 vuoden aikana eli viimeisen jääkauden lopussa ja sen jälkeen Itämeri on muuttunut merkittävästi.

Ilmaston lämpeneminen vapautti Itämeren alueen vaihteittain mannerjäätiköstä ja sulatti jäätä myös muualla. Valtamerien vedenpinta nousi. Itämeren kohdalla jäätiköiden alla ollut painauma alkoi palautua eli maa kohota. Valtamerien vedenkorkeuden nousun ja Itämeren maankohoamisen yhteisvaikutuksesta



Kuva Hans Viitasola/LKA



on Itämeri viimeisten runsaan 10 000 vuoden aikana ollut kahdesti suolattomana järvenä.

Nykyisin Itämeri on maailman suurin murtovesiallas. Pintakerroksen suolaisuus vaihtelee: Perämeren perukan vesi on lähes suolatonta, kun taas Tanskan salmissa suolapitoisuus on n. 8—9 promillea. Valtamerien suolaisuus on noin 35 ‰ eli 35 g suolaa/kg vettä.

Itämeren erikoisluonne heijastuu myös sen eliöyhteisössä. Kasvi- ja eläinryhmien lajiluku on pienempi kuin järvisissä tai valtamereissä. Eliöstö on sekoitus makean ja suolaisen veden lajeista, onpa joukossa myös erityisesti murtoveteen sopeutuneitakin lajeja. Mereiset eläimet ovat Itämeressä selvästi pienempiä kuin valtamereissä.

### Vesitase ja kerroksellisuus

Itämeren vesitase on positiivinen, koska mereen tulee enemmän suolatonta vettä kuin sieltä haihtuu. Suolaisuus pysyy kuitenkin muuttumattomana vuodesta toiseen. Tasapaino edellyttää, että suolattoman veden nettotuonnin ja Tanskan salmien kautta tulevan suolaisen veden tilavuuksien summa on yhtä suuri kuin ulos virtaavan veden määrä. Tasapaino edellyttää myös, että sisään- ja ulosvirtaavat suolamäärät ovat yhtä suuret.

Pääasiassa jokien tuoman makean veden laimentavan vaikutuksen takia Itämeren veden pintakerros on selvästi vähemmän suolaista kuin syvällä olevat vesikerrokset. Avomerellä kerroksellisuus on pysyvää, mutta rannikkoalueilla vesi sekoittuu. Eri kerrosten väliset suolaisuuserot ovat suurimmillaan n. 50—70 metrin syvyydessä. Muuttumiskerrosta kutsutaan suolaisuuden harppauskerrokseksi, sillä muutaman metrin matkalla suolaisuus muuttuu suuresti.

Lisäksi varsinainen Itämeren ja Suomenlahden alueella on useita perättäisiä pohjan painautumia, syvänteitä. Niissä saattaa olla toinenkin, syvemmällä oleva suolaisuuden harppauskerros. Sen alapuolinen vesi on suolaisinta ja siten raskaampaa kuin yläpuoliset vedet.

### Pohjanläheinen vesi vaihtuu harvoin

Itämereen virtaa uutta suolaista vettä säännöllisesti niin, että

suolaisuus pysyy suhteellisen vakiona. Tuleva vesi on kuitenkin vain silloin tällöin niin suolaista, että se pystyy korvaamaan syvänteiden pohjalle asettuneen suolaisen, painavan veden. Itämeren pohjanläheisen veden vaihtuvuus onkin varsin epäsäännöllistä. Vesimassat voivat pysyä paikoillaan pitkiä aikoja. Uusiutumisen välillä saattaa olla useita vuosia, joskus jopa yli kymmenen vuotta.

Merentutkijat ovat tarkkailleet Itämeren vedenvaihtoa säännöllisesti viime vuosisadan lopulta lähtien. Vaikka varsin monet vesimassojen vaihtumiseen liittyvät yksityiskohdat tunnetaan, ei vielääkään täysin tiedetä, mitä samanaikaisia tekijöitä tarvitaan tapahtumaketjun käynnistämiseen tai missä järjestyksessä niiden tulee seurata toisiaan, jotta uuden veden sisäänvirtaus olisi riittävän tehokasta. Ilmastolliset tekijät ovat kuitenkin ratkaisevia.

Veden vaihtumisen selvittämisen on tärkeää siksi, että pohjanläheiseen kerrokseen tulee happea pääasiassa vain sisäänvirtauksen yhteydessä. Pintakerros saa happitäydennystä ilmakehästä, joten happea on lähes poikkeuksetta aina suolaisuuden ensimmäiseen harppauskerrokseen asti. Pohjanläheisten vesien happipitoisuutta säätelevät sisäänvirtaavan veden määrä ja sen kiertokulku.

### Happitasapaino ja ravinteet

Järvisissä pohjanläheisen veden happipitoisuus säätelee veden fosfaattipitoisuutta: happipitoisuuden ollessa korkea ravinteet pysyvät pohjasedimentissä. Hapettomissa oloissa fosfori vapautuu ja vaikuttaa siten järveä edelleen rehevöittävästi. Yleensä järvien vesi sekoittuu pinnalta pohjaan asti joka vuosi, jolloin ravinteetkin leviävät koko vesimassaan.

Itämeressä pohjanläheiset vedet uusiutuvat harvoin. Tästä syystä Itämeren happitasapainoa ei pääasiassa säätele siihen kohdistuva ravinnekuormitus vaan veden vaihtuminen. Happipitoisuuden ja vedenvaihtumisen suhdetta kuvaa se, että samalla kun Itämeren pohjanläheisen veden happipitoisuus on tämän vuosisadan aikana pienentynyt, on suolaisuus kasvanut. Kuormituksen muutokset eivät myös-

kään selitä happipitoisuuden viimeaikaisia nopeita muutoksia pohjanläheisessä vedessä.

Viime aikoina on todettu varsin selvä, joskin vähäinen kasviraiteiden, etenkin fosfaattifosforin pitoisuuden kasvu Itämeren pintavesikerroksessa. Tällä hetkellä ei vielä osata arvioida, kuinka suuri ihmisen toiminnan osuus on tähän ollut.

Onko Itämeren tuotanto kasvanut eli Itämeri rehevöitynyt mitattujen ravinteiden kasvua vastaavalla tavalla? Itämeren pidettiin pitkään hyvin karuna ympäristönä. Kuitenkin Itämeren kalantuotanto on pinta-alayksikköä kohden eräs maailman suurimmista. Kalastuksen tuoton kasvuun on vaikuttanut pyynnin tekninen ja määrällinen tehostuminen. Mutta onko koko biologinen tuotantoketju kalantuotanto mukaan lukien tehostunut? Useat biologit ovat tästä vakuutuneet, mutta yksiselitteiset kvantitatiiviset näytöt puuttuvat.

### Itämeren pilaantuminen ja sen estäminen

Ravinteiden lisääntyminen ja siihen liittyvä tuotannon kasvu on uhka Itämeren luonnontaloudelle. Toinen edellistä vielä vakavampi vaara on ympäristömyrkyt varsinkin ravintoketjun huipulla oleville eläimille kuten hylkeille ja merikotille. Kolmas uhka on öljyonnettomuuksien riski.

Itämeren rantavaltiot ovat hyvin tiedostaneet nämä ongelmat ja ryhtyneet tehokkaaseen yhteistoimintaan haittojen vähentämiseksi ja ennaltaehkäisemiseksi. Itämeren merellisen ympäristön suojelua koskeva yleissopimus, ns. Helsingin sopimus allekirjoitettiin jo vuonna 1974, ja se astui voimaan 1980.

Kaikkien seitsemän Itämeren ympäröivien valtioiden solmima sopimus on osoittautunut käytökelpoiseksi työkaluksi Itämeren suojelua edistettäessä. Vaarallisten aineiden käyttökielot, ohjeet päästöjen rajoittamiseksi ja merenkulun turvallisuutta lisäävät yhteisesti sovitut toimenpiteet ovat jo kymmenessä vuodessa osoittautuneet tehokkaiksi. Tällä hetkellä on hyviä toiveita siitä, että Itämeri edelleenkin säilyy toimivana ekosysteeminä, mikäli halua ja voimavaroja riittää suojelun jatkamiseen ja tehostamiseen. ■

# MITEN VESI VIRTAA ITÄMERESSÄ?

Pentti Mälkki

**Moni tekijä vaikuttaa siihen, miten vesi Itämeressä virtaa. Tuuli ajaa veden liikkeelle ja synnyttää vedenkorkeuden vaihtelut. Jokien kuljettamat vedet sekoittuvat Itämeressä valtameren veden kanssa: syntyy suolaisuuskerrostuneisuus, jota kesäaikana lisää auringon säteilyn vaikutuksesta syntyvä lämpimämpi pintakerros. Nämä kaikki yhdessä syvyysvaihtelujen kanssa muodostavat virtauskentästä kaleidoskoopin kuvan, joka ei koskaan ole täysin samanlainen kuin ennen. Monimutkaisuudestaan huolimatta virtaus ei ole täysin säännötöntä, vaan kuvattavissa mallien avulla.**

Kun Perämeren pinta nousee talvisena vuorokautena 30 senttimetriä, virtaa Merenkurkun läpi vettä 11 kuutiokilometriä, jolloin keskivirtaama on 125 000 kuutiometriä sekunnissa! Esitetty tilanne ei ole edes kovin harvinaisen talviaikana. Se osoittaa, että vaikka havaittavat virtausnopeudet ovat usein pieniä (suurin tiedossa oleva virtausnopeus on mitattu Ahvenanmeren läheisyydessä, n. 1 m/s), ovat siirtyvät vesimassat valtavia.

## Tuuli säätelee virtauksia

Tuuli on tärkein virtauksia säätelevistä tekijöistä. Se aiheuttaa pintavirtauksen, joka on n. 1—

2 % tuulen nopeudesta. Virtaus suuntautuu maapallon pyörimisen vuoksi jonkin verran tuulen suunnasta oikealle. Rannikot ohjaavat virtausta siten, että rantaa vastaan kohtisuora virtaus häviää. Keskimääräinen virtausnopeus on 1—3 cm/s, hetkelliset avomerellä puolestaan 10—25 cm/s.

Itämerellä ei ole pysyviä virtausjärjestelmiä, mutta koska tuulet ovat pääosin lounaan ja lännen puoleisia, on Itämeren virtauskenttä valtaosin vastapäivään kiertävä. Koska tuulikenttä vaihtelee, voivat olot hetkellisesti olla täysin erilaiset.

Tuulikenttä aiheuttaa veden

pintaan kallistuman, joka on sitä suurempi, mitä matalampi merialue on. Suurin osa Itämeren vedenkorkeuden vaihteluista riippuukin tuulikentän vaihteluista.

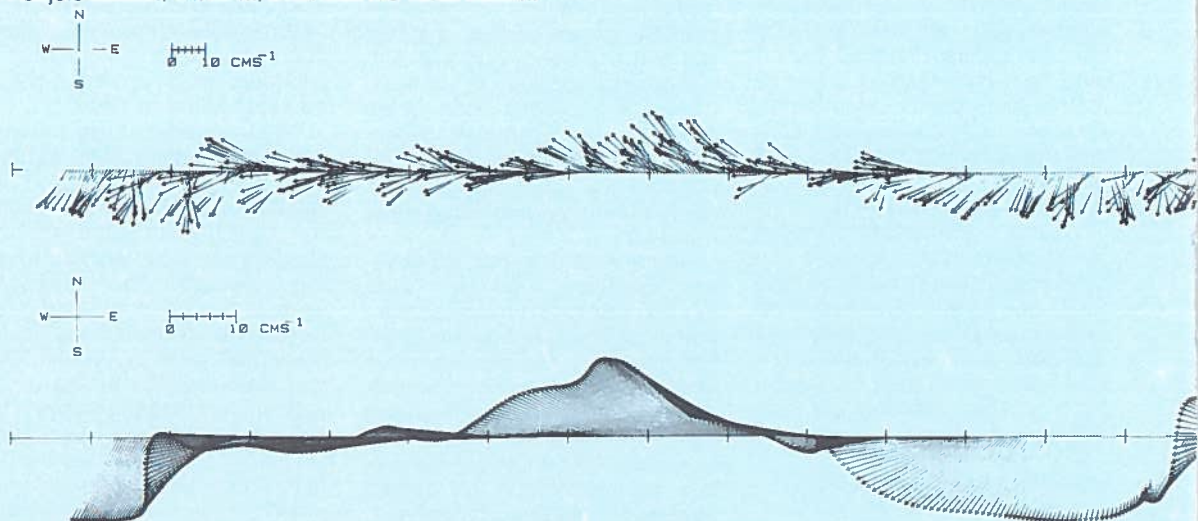
## Kylmää vettä kumpuaa ylös

Itämeren vesi on voimakkaasti kerrostunutta. Kesäkaudella aina syys-lokakuuhun asti meren pintakerros on huomattavasti lämpimämpi kuin syvemmällä oleva vesi. Kevyen lämpimän veden ja kylmemmän, syvemmällä olevan veden rajakerros on vuodenajasta riippuen 10—40 metrin syvyydessä.

Tuulen aiheuttama pintavirtaus kasaa kevyempää päällysvettä tuulen alapuolelle ja aiheuttaa pintoihin kallistuman.

Välipintojen kallistumat ovat energiavarasto, joka purkautuu virtauksina tuulen vaikutuksen loputtua. Tämän vuoksi virtaukset saattavat kesäaikoina olla voimakkaita vielä pitkään tuulen vaikutuksen lakattua. Rannikoiden läheisyydessä tämän voi havaita jopa kymmenien kilometrien päässä rannasta.

Pohjois-Itämeri, V1/30 m, 31.8.1982 klo 16.25 alkaen.



Pohjois-Itämeri, V1/30 m, 1.9.1982 klo 7.30 alkaen



Jos tuulen vaikutus on riittävän pitkäaikainen, päälyysvesikerros siirtyy kokonaan pois rannan läheisyydestä. Tilalle kumpuaa harppauskerroksen alapuolista kylmää vettä. Ilmiö on varsin yleinen esimerkiksi Selkämeren itärannalla Uudenkaupungin ja Kaskisten välillä. Kumpuaminen havaitaan useammin alkukesällä, jolloin harppauskerros on n. 10 metrin syvyydessä. Myöhemmin kesällä ja alkusyksystä tuulten on oltava paljon pitkäaikaisempia, jotta viileä vesi kumpuaisi.

Kun pintaveden kerrostuneisuus myöhään syksyllä häviää, ei virtausenergia enää kerry lämpötilan harppauskerroksen kallistumiin. Pohjanlahdella, missä suolaisuuden aiheuttama kerrostuneisuus on vähäistä, virtausnopeudet ovat lähes samat pinnassa ja syvemmissä vesikerroksissa. Tuulen lakattua virtaus vaimenee muutamassa päivässä kitkan vaikutuksesta. Syksy on kuitenkin voimakastuulinen vuodenaika. Virtaukset ovat voimakkaita, mutta vaihtelevampia kuin kesäaikana. Tähän vuodenaikaan myös rannikoiden vedenkorkeusvaihtelut ovat suurimmillaan.

#### **Meriveden ja jokiveden sekoitusallas**

Itämereen virtaa jokivettä keskimäärin 14 000 kuutiometriä sekunnissa. Yksin Neva tuo vesimäärästä viidenneksen. Jokivedet sekoittuvat rannikolla, mutta

koko Itämerä voidaan pitää suolattoman jokiveden ja Tanskan salmien kautta tulevan runsas-suolaisen meriveden sekoitusallana.

Tanskan itäpuolisella merialueella sekoittuminen on voimakasta. Sen jälkeen raskaampi runsassuolainen vesi kulkeutuu syvänteitä pitkin kohti keskeistä Itämerä pohjan läheisyydessä. Varsinaisen Itämeren ja Pohjanlahden välinen kynnyksalue on niin matala, että yli pääsee vain pinnan läheistä vähäsuolaisempaa vettä. Pohjanlahden syvänteosien suolaisuus onkin suunnilleen sama kuin varsinaisen Itämeren alueen pintaveden suolaisuus.

Syvänteiden virtaukset ovat erilaiset Itämerellä ja Pohjanlahdella. Itämeren syvissä kerroksissa virtaukset ovat heikkoja. Pohjanlahdella vuorovaikutus pintakerroksen kanssa on paljon selvempi, koska kerrostuneisuus on heikompa. Myös virtaukset ovat siten voimakkaampia.

#### **Pohjan muoto määrää syvän veden virtaukset**

Itämeren keskisyvyys on vain noin 57 metriä. Pohjan syvyyden vaihtelut ovat suuria, ja ne vaikuttavat tuntuvasti virtauksiin. Tuulen suunta ja nopeus määrää pintakerroksen virtaukset, mutta lämpötilan harppauskerroksen alapuoliset virtaukset ohjautuvat suurelta osin syvyysvaihtelujen mukaisesti. Yleisin virtaus-

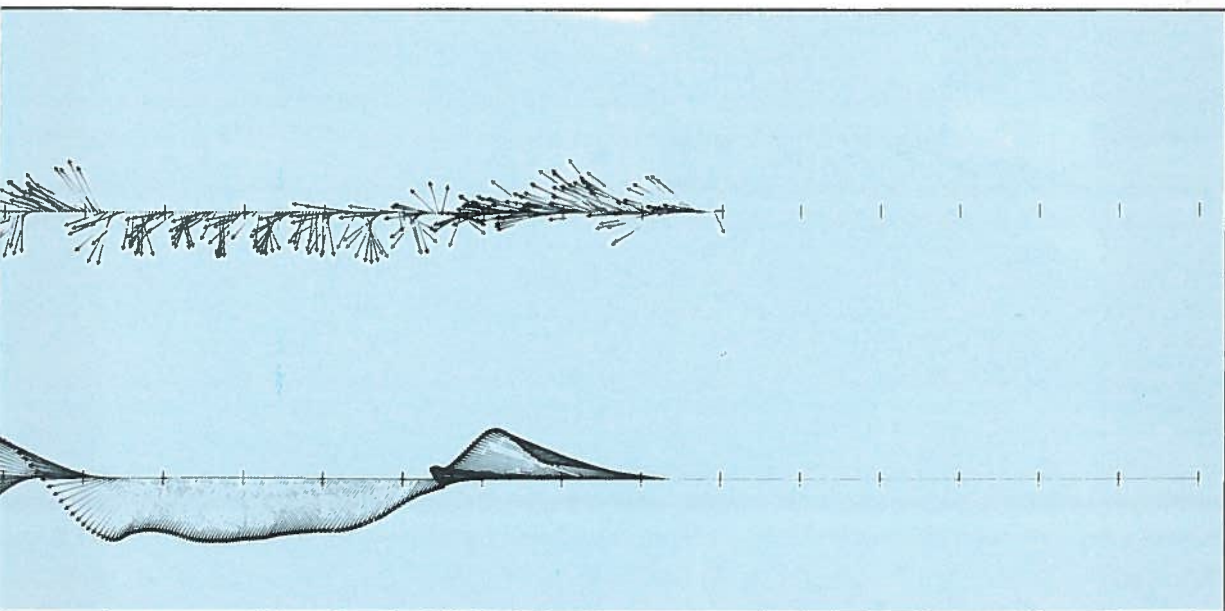
suunta on sama kuin syvyyskäyrien suunta.

Eteläisellä Itämerellä, missä syvyysvaihtelut ovat suuripiirteisiä, virtaukset noudattavat selvemmin pohjan muotoja. Pohjoisella Itämerellä ja erityisesti rikkonaisilla rannikkoalueilla suuret syvyysvaihtelut aiheuttavat monimutkaisen virtauksen.

Merensuon ulapan laajuus ja tuulen vaikutuksen laaja-alaisuus aiheuttavat salmipaikoissa voimakkaan virtauksen myös silloin, kun koko saaristoalue on jääkuoren peittämä. Virtausnopeudet ovat suuria myös eri altaiden välillä kynnyksalueilla ja altaita toisiinsa yhdistävissä syvissä uomissa. ■

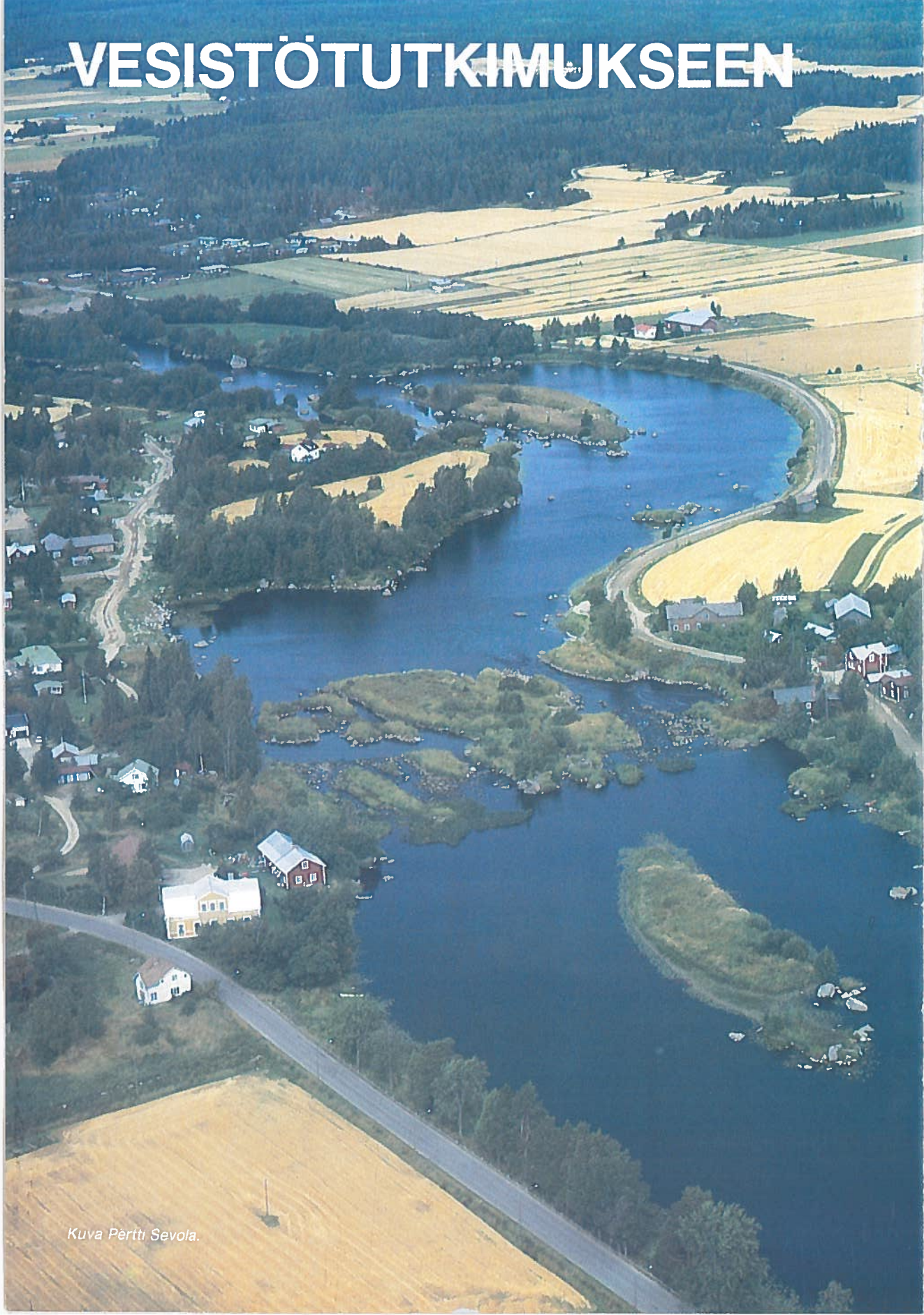
*Yläkuvassa Pohjois-Itämerellä mitattuja virtausnopeuksia elo-syyskuussa 1982. Virtausvektorit ovat mitausten tuntikeskiarvoja 30 metrin syvyydessä. Alakuvassa sama tilanne, mutta lyhytjaksoiset vaihtelut on poistettu numeerisesti suodattamalla.*

*Harppauskerroksen syvyys oli noin 20 metriä. Vallitsevat tuulet olivat lounaasta, tuulen nopeus vaihteli välillä 3-12 m/s, tuulen suunta etelän ja luoteen välillä. Virtaus harppauskerroksen alapuolella poikkasi 90–270° tuulen suunnasta.*





# VESISTÖTUTKIMUKSEEN



*Kuva Pertti Sevola.*



# JOKI KULTTUURIYMPÄRISTÖNÄ

Pertti Sevola

**"Egypti on Niilin lahja", kirjoitti Herodotos. Vanhan ajan korkeakulttuureilla oli eräitä yhteisiä piirteitä. Ne perustuivat maanviljelykseen, jonka edellytyksenä olivat samantapaiset luonnonolot: jokien varsilla sijaitsevat hedelmälliset tasan-got, joita jokien tuoma liete ruokki. Kuivassa ilmastossa joki turvasi elintärkeän kasteluveden saannin viljelyksille. Kastelujärjestelmien kehittyminen edellytti järjestäytynyttä, keskusjohtoista yhteiskuntaa.**

Niilin tulvien höystämä Egypti, Tigris- ja Eufrat-jokien välinen maa Mesopotamia, Indus-joki Intiassa, Keltaisen joen synnyttämät lössimaat Pohjois-Kiinassa ja Keski-Aasiassa Aral-järveen laskevat Amu-darja ja Syr-darja muodostuivat jo varhain kulttuurien keskuksiksi. Euroopassa asettuivat jo kivikautiset viljelijät Reinin ja Tonavan varsille.

Joki antoi ravintoa ja toimi kulttienä kauan ennen kuin yhteiskunnallinen kehitys ja keksinnöt tarjosivat mahdollisuudet jokien synnyttämien luonnonolojen hyödyntämiseen. Maanviljely tehostui, kastelujärjestelmiä rakennettiin ja paljon myöhemmin kokonaisia vesistöjä valjastettiin ihmisen palvelukseen.

## Joki ja ihminen

Meidän ei tarvitse kuitenkaan lähteä vieraille joille. Omat jokemme tarjoavat riittävästi esimerkkejä joen ja ihmisen vuorovaikutuksesta. Vilkaistu karttaan osoittaa vesistöjen merkityksen maamme asutushistoriassa. Maantieteelliset tekijät, ilmasto, maaperä ja vesistöt eivät yksin ole määrääviä asutushistoriasa. Kyse on kulttuurin luomien edellytysten ja luonnon asettamien vaatimusten vuorovaikutuksesta. Maantieteelliset tekijät asettavat rajat, joissa valinta voi tapahtua.

## Muinainen perinne

Jokien varsia ovat samonneet ja

asuttaneet eränkävijät ja maanviljelijät jo esihistoriallisina aikoina. Ihminen tuli Suomeen vetäytyvän jäänreunan perässä. Ensimmäiset ihmisasutuksen merkit on löydetty Askolasta Porvoonjoen muinaisilta rantapenkoilta. Askolan kulttuurilla (7500—6500 eKr.) oletetaan oleen yhteyksiä Fennoskandian vanhimpaan asutukseen Kom-sakulttuuriin, joka ulottui Alta-vuonosta Kuollan niemimaalle. Esihistoriallinen asutus sijoittui lähes poikkeuksetta rantaviivan tuntumaan.

## Jokisuistot suosittuja

Jokisuut näyttivät olevan jo esihistoriallisena aikana suosittuja asuinpaikkoja. Tähän oli useita käytännön syitä. Samantapaiset syyt synnyttivät jokisuiden vanhat kauppa- ja markkinapaikat sekä myöhemmin kaupungit ja teollisuuskeskukset.

Jokien suistot ovat tuottoisimpia vesibiotooppeja. Jokeen nousevat vaelluskalat kulkevat suiston läpi. Suistoalue itsessään on valtava kalantuotanto-alue, jossa saaliin saaminen kivikautisinkaan välinein ei ollut vaikeaa varsinkaan kutuaikana. Useissa jokisuissamme on vieläkin nähtävissä ikivanhoja pyydyspaikkoja, kivistä tehtyjä madepatoja, mertapatoja ja liestekatkiskojen jäänteitä, jotka ovat olleet käytössä näihin päiviin asti. Maannousun takia jälkiä vanhoista pyydyspaikoista saat-

taa löytyä kuivalta maalta Pohjanlahteen laskevien jokien suilta. Kalojen houkuttelemista joki-suihin nousee hylkeitä, ja rehevillä tulvamaiden pajukoilla viihtyy suurriistana hirvi.

Jokisuiden lisäksi suosittuja asuinpaikkoja olivat kapeikot, koskialueet ja koskenniskat. Paikat tarjosivat edullisen mahdollisuuden pyyntiin: kapeikot oli helppo sulkea pyydyksillä ja koskipaikoista vaelluskalojen pyynti onnistui parhaiten.

## Pyhä joki

Vesistöillä, erityisesti joilla oli tärkeä osa esihistoriallisen ajan asukkaiden uskomuselämässä. Kunniotus jokia kohtaan on säilynyt näihin päiviin asti Siperian suomensukuisilla kansoilla. Erityisesti jokien alkulähteitä ja yläjuoksua kunnioitettiin pyhinä. Purojen tiedettiin ehtyvän, jos niitä kohdeltiin epäkunnioittavasti, esimerkiksi ottamalla vettä likaisella astialla. Samanlainen kunnioitus oli laajalle levinnyt.

Herodotos esimerkiksi kertoo persialaisista: "Mutta he eivät heitä vettänsä jokeen eivätkä sylje siihen, he eivät pese käsiään siinä eivätkä salli kenenkään muunkaan sitä tekevän, vaan he kohtelevat jokia aivan erityisellä kunnioituksella".

Volga-jokea sanottiin Äidiksi ja Ob-jokea Isoäidiksi. Nimet kuvaavat jokia elämän antajana. Samalla sanonta kertoo ikivanhoista vesistöihin liittyvistä myyteistä. Joesta riippuvalaiset ihmiset kunnioittivat jokea ja lepyttelivät vedenhaltijoita uhrein ja loitsuin. Suomussalmen kulttuurin ajalta (6000—3500 eKr.) tunnetaan tapa asettaa uhriesineitä, kuten kivikirveitä, koskiin ja muualle veden äärelle.

Osa esihistoriallisesta kulttuuriperinteestä on välittynyt nyky-

aikaan asti myytteinä ja uskomuksina. Uskomuksilla on ollut myös selvä käytännön merkitys. Veden asukkaiden kunnioittamisella ja niillä pelottamisella on varjeltu perillisiä hukkumiselta niin tehokkaasti, että vielä tänään ovat näkit, koskenhaltijat ja muut veden myyttiset elävät tuttuja jokivarsien lapsille. Niiden pelko on muiden uhkausten lisäksi varjellut heitä tehokkaasti uimisen iloilta, joskin myös hukkumiselta.

### Tuhat lähdettä — vain yksi jokisuu

Eränkävijöitten jalanjalkia seurasivat vesireittejä myöhemmin keskitetyn vallan verottajat saataviaan vaatimassa ja valtaapiiriään osoittamassa. Tuottoisimmilla paikoilla, varsinkin vakiintumattomilla raja-alueilla ihmiset saivat raataa useankin verottajan hyväksi. Parhaat tulonlähteet kruunu pyrki haalimaan itselleen. Niinpä se ennen pitkää julisti sekä helmenpyynnin että lohienkalastuksen yksinoikeudekseen.

Lohi sai myös kirkon liikkeelle. Lohipitäjien pappien parhaat palkkasaatavat koostuivat lohikymmenyksistä tai pappilan pato-oikeuksista. Lohi toi kirkon myös Kemijoelle jo keskiajalla, ennen kuin Kemijokisuulla oli edes seurakunnaksi riittävää väkimäärää. Herranhuone oli kalastajien sesonkikirkko, joita oli tapana rakentaa parhaille pyyntipaikoille. Samalla varmistettiin kirkon osuus saaliista.

Siellä missä on ihmisiä on myös kauppiaita. Jokisuut olivat portteina sisämaahan. Ne oli helppo saavuttaa sekä mereltä että sisämaasta pitkienkin matkojen takaa. Ne olivat luonnollisia kauppa- ja markkinapaikkoja.

Vanhoja jokiin perustuvia kauppapaikkoja olivat Aurajoen ja siihen laskevan Vähäjoen välisellä niemekellä sijainnut Koroisten Turku, Kurkelan kaupunki Nousiaisissa, Rikala Halikonjoen suulla, Kokemäenjoen Teljä ja sen seuraaja Ulvila Kokemäenjoen suulla sekä Vuoksen saarella Räisälässä sijainnut Tiurinlinna.

Kauppa- ja kulkureitit olivat myös sotilaallisesti tärkeitä ja niihin keskittyivät varhaiset varustukset.

Jokisuita ja virtapaikkoja suo-

Perinteiset kalastustavat ovat säilyneet pitkään. Kuvassa Vetsikon meritapato Teno- ja Vetsikkojoella kesällä 1980. Kuva Pertti Sevola.



jelevia linnoja olivat Turun linna Aurajoen suulla, pohjolan poliittisia valtasuhteita Oulujokisuuhun suojelemaan rakennettu Oulunlinna, savolaisasutuksen leviämistä suojellut Olavinlinna Kyrön salmen saarella ja Pohjois-Pohjanmaan suojaksi Ämmäkosken saareen rakennettu Kaajan linna. Myös useimmat muinaislinnat sijaitsivat vesireittien tuntumassa. Sijainniltaan eräs vaikuttavimmista on Aurajoen varrella oleva Turun linnan muinainen edeltäjä Liedon Vanhalinnan linnavuori, jonka varustaminen alkoi jo n. 500 jKr.

### Viljelijä asettuu jokivarsille

Rautakauden asutus seurasi vesistöjä. Samalla tavalla viljelyksen soveliainta aluetta on asuttu koko agraarisen ajan. Peltojen ja asutuksen sijoittuminen jokivarsille on erityisen silmiinpistävää Pohjanmaalla vielä tänäkin päivänä.

Pääosa pelloista on muutama sadan metrin matkalla joen molemmin puolin. Asutus seuraa nauhakylinä pitkin joenrantoja. Jokilaaksojen välisiä alueita luonnehtivat harvaan asutut metsä- ja suomaat. Tulvaniityt olivat karjanrehun saannin kannalta maataloudelle välttämättömiä viljelyskelpoisten savikoiden lisäksi.

Etelä-Pohjanmaan kuulu lakeus Lapuan ja Kyrönjoen varrella on ihmisen ja joen yhteistyön voimannäyte. Suoviljelyn kehittyä raivattiin jokien luonnolli-

Maatalous ja asutus sijoittuivat jokivarsille kuten Kyrönjoen Ylistarolla. Kuva Pertti Sevola.

selle tulva-alueelle syntyneet laajat savipohjaiset nevat pelloiksi etupäässä 1800-luvulla. Ilmajoen pitäjän peltoala laajeni tällöin 14-kertaiseksi.

Kyläkuntien elämään joki vaikutti monin tavoin. Joen rytmi ajoitti eräät vuodenaikaan sidotut työt. Sillat ja lohipadot oli purettava ja rakennettava tiettyyn aikaan. Yhteisiin töihin ja yhdessä käytettäviin laitoksiin liittyi omat sääntönsä ja perinteensä, jotka eri jokilaaksoissa saivat erilaisia muotoja. Erot näkyvät sekä henkisessä että aineellisessa kulttuurissa. Esimerkiksi perinteiset kalanpyydystyypit kuten nahkiaismerrat saattavat vaihdella joelta toiselle. Pyydystyyppien eroista voidaan arvioida myös vuorovaikutuksen suuntaa.

### Hämeessä hälläpyörä

Virtaavalla vedellä on eräs erityinen ominaisuus: sen energiaa voidaan käyttää hyväksi alkeellisenkin tekniikalla. Suomessa vesimyllyjen historia juontaa alkunsa varhaiselta keskiajalta.

Myllyt olivat ensimmäinen askel vesivoiman hyväksikäytössä. Suurimmissa koskilla oli useitakin myllyjä. Eräiden maine oli maanlaajuinen, kuten Hämeen Hälläpyörän Kyröskoskessa.

Ensimmäiset asiakirjamaininnat myllyistä ovat 1300-luvulta: Turun piispan mylly Maarian Halistenkoskessa Aurajoessa ja Lohjan pappilan mylly. Myllylaitos maassamme on kuitenkin vanhempaa perua. Kielellisten





seikkojen perusteella arvioituna myllyjen on pitänyt tulla maamme jo ennen 1300-lukua.

Mylly ei ollut pelkkä rakennus, vaan mielenkiintoinen sosiaalisten toimintojen tyyssija. Se kuvasti kansanomaisessa kyläyhteisössä vallinneen yhteistoiminnan kehitystä ja luonnetta. Myllytoimintaa säätelivät myös monet valtion asettamat rajoitukset. Vuodelta 1585 on olemassa ensimmäinen valtion toimesta verollepanon vuoksi tehty myllyluettelo. Tästä alkoi merkillinen veropoliittinen taistelu joka päättyi monien hankaluuksien jälkeen, kun myllyvero muuntui jokaisen 12 vuotta täyttäneen kansalaisen maksettavaksi henkirahaksi.

#### **Teollisuus etsiytyi koskivoiman varrelle**

Suomen teollisuuden historiassa jokien ja reittivesistöjen kosket ovat olleet avainasemassa. Ensimmäiset varsinaiset teollisuuslaitokset, rautaruukit ja niihin liittyvät takomot saivat käyttövoimansa koskista. Monet sittemmin taloushistoriassamme tärkeät tehdasyhdyskunnat kuten Fiskars, Fagernäs, Pinjainen ja Kauttua ovat saaneet alkunsa Ruotsin ajan rautaruukeista. Vielä vuosisatamme alkuvuosikymmeninä käytännöllisesti katsoen kaikki runsaasti energiaa käyttävä suurteollisuus sijaitsi koskien äärellä tai jokisuihilla. Tunnetut teollisuuslaitokset ottivat nimensäkin koskista: Nokia, Kymi, Kuusankoski, Valkiakoski.

Sahateollisuuden nousu siirsi kuitenkin Suomen varsinaisesti teolliseen aikaan. Kaikki sahat olivat aluksi riippuvaisia koskista. Höyryvoiman käyttöönotto vapautti sahat koskivoimasta, mutta jokia ne tarvitsivat edelleen. Suuret sahalaitokset sijoitettiin jokisuihin, joihin niiden tarvitsemat tukit voitiin uittaa. Sahateollisuuden keskuksiksi muodostuivat Kymi- ja Kokemäenjoen suu. Joet vaikuttivat teollisuuden sijoittumiseen samoin kuin ne aikoinaan vaikuttivat tervalouteen: toiminta ei ollut niistä riippuvaista, mutta välillisesti joet loivat edellytykset taloudellisesti merkittävään toimintaan. Tervaa poltettiin laajoilla metsäalueilla jokien läheisyydessä. Joet olivat välttämättömiä tervan kuljettamiseksi kauppapaikoille ja edelleen ulkomaille. Myös maamme tärkeimmäksi teollisuudeksi kehittyvän puumasateollisuuden menestymisen ehtoina olivat suuret kosket ja runsas puunsaanti.

Teollisuuden puuntarve synnytti jokiuton, jota lainsäädäntö suosi niin, ettei ristiriitoja vanhojen käyttömuotojen kuten kalastuksen kanssa voitu välttää. Uittoa varten tehty vesistöjen perkaukset ulottuivat suurvesistöjen latvapuroihin asti, ja ne olivat laajin siihen asti vesistöjä kohdanneista ympäristömuutoksista. Toisaalta uitto antoi työtä tuhansille miehille, ja sen ympärille kehittyi vankka jokivarsien elämään vaikuttanut aineellinen ja henkinen perinne.

#### **Jokien suojelu — kulttuuri-velvoite**

Vesivoiman tarve on vaatinut kosken toisensa jälkeen. Se valjasti mahtavan Imatrankin, jonka valtio oli vuonna 1883 lunastanut suojeltavaksi. Sotien jälkeinen pohjoisten suurjokien rakentaminen ei vallannut ainoastaan yksittäisiä koskia, vaan mullisti kokonaiset vesistöt.

Suojeluvesityöryhmän mietintö (1977) oli hätähuuto jokiemme puolesta. Silti Ounasjoki on ainoa jokemme, joka erityisellä lailla (1983) on suojattu voimalaitosrakentamiselta. Koskien suojelusta keskustellaan parhaillaan (Koskien suojelutoimikunnan mietintö vuodelta 1982) ja näyttää siltä, että monet merkittävät kosket ja varsinkin pienten jokien viehättävät koskijaksot ovat jäämässä vaille lain suojaa.

Myös Maisematoimikunta kiinnitti mietinnössään (1980) huomiota useiden jokien ja jokilaaksojen muodostamiin luonnon- ja kulttuurimaisemiin. Tämäkään mietintö ei ole johtanut käytännön toimiin.

Jokien merkitystä henkiselle kulttuurille ei ole syytä aliarvioida. Perinteet ulottuvat esihistoriallisiin aikoihin. Huoli jokien säilymisestä on todellinen. Sitä osoittavat reaktiot jokien puolesta tai vaikkapa huolenpito Vantaanjoesta. Useimmat jokemme ovat kulttuurijokia. Meillä on vastuu myös tämän kulttuuriperinnön vaalimisesta. ■

# VEDEN LAATU SUOMESSA

Heidi Vuoristo

**Suomessa on tehty yli kaksikymmentä vuotta säännöllistä vesistöjen laadun tutkimusta. Vesistötutkimus on tuottanut suuren määrän tietoa vesiemme tilasta. Tietomäärän tiivistäminen on välttämätöntä, jotta tiedot olisivat ymmärrettäviä. Eräs tiivistämiskeinoista on jaotella vedet käyttökelpoisuusluokkiin niiden laadun perusteella.**

Yleinen käyttökelpoisuusluokitus ottaa huomioon vesistöjen luontaiset ominaisuudet sekä esimerkiksi jätevesistä johtuvan eriaistisen likaantumisen. Käyttökelpoisuusluokitus jakaa vesistöt viiteen luokkaan. Luokat kuvaavat vesien soveltuvuutta ihmisen käyttöön: virkistykseen, vedenhankintaan ja kalastukseen.

## **Valtaosa järvistä hyvälaatuisia**

Valtaosa järvistämme kuuluu käyttökelpoisuudeltaan erinomaiseen tai hyvään luokkaan. Näihin kahteen parhaaseen luokkaan kuuluvien järvien kokonaispinta-ala on noin 80 % kaikista järvistä. Tällaiset vedet ovat yleensä puhtaita ja karuja. Laadultaan erinomaiset järvet ovat kirkasvetisiä. Hyvät vedet sensijaan ovat lievästi ruskeavetisiä suo- ja metsäalueilta huuhoutu- van humuksen vuoksi.

Suomalaisille vesistöille ominainen ruskeavetisyys voi olla niin voimakasta, että se alentaa käyttökelpoisuustason kolmanneen eli tyydyttävään luokkaan. Tällaisia ovat vesistöreitien latvajärvet ja useat tekoaltaat. Ihmisen aiheuttama jätevesikuormitus on monien teollisuuspaikkakuntien tai suurten asutuskeskusten ympärillä liennut vesistöjä niin, että käyttökelpoisuus on alentunut. Haitat ilmenevät yleensä rehevöitymisestä. Rehevöityneitä vesiiä on esimerkiksi Kokemäenjoen keskusjärvissä, Päijänteen pohjois- ja keskiosissa sekä Etelä-Saimaalla. Etelä- ja Lounais-Suomen järvien veden laatu on vain tyydyttävää maa- ja metsätalousalueilta

huuhoutu- van hajakuormituksen vuoksi. Yhteensä käyttökelpoisuudeltaan tyydyttäviä järviä on vajaa viidenneksen järviolastamme.

Vain noin 2 % suomalaisista järvistä on niin pahasti likaantuneita, että ne on luokiteltu käyttökelpoisuudeltaan välttäviksi tai jopa huonoiksi. Tällaisia ovat yleensä suurten teollisuuslaitosten tai kaupunkien lähivedet, varsinkin jos alueen vedenvaihtuvuus on huono. Voimakas rehevöityminen ja sen seurauksee-

na hapen kuluminen, myrkylliset aineet, hygieniset haitat, epämiellyttävä ulkonäkö sekä hajuja makuhaitat rajoittavat näiden järvien soveltuvuutta kaikkiin käyttötarkoituksiin.

## **Vähä- ja runsasvetiset joet erilaisia**

Lähes puolet jokien kokonaispituudesta on käyttökelpoisuudeltaan vain tyydyttävää tai jopa välttävää. Suurinta osaa Suomenlahteen ja Pohjanlahteen laskevien jokivesistöjen käyttökelpoisuudesta heikentää sekä suora jätevesikuormitus että hajakuormitus. Jokien vesi on runsasravinteista, likaantumista osoittavia bakteereja on runsaasti ja vähänveden aikaan myös happi saattaa kulua vähin.

## **TUHANNET ANALYYSIT POHJANA KÄYTTÖKELPOISUUSLUOKITUKSELLE**

Tiedot vesistöjen tilasta perustuvat vesiviranomaisten tutkimuksiin tai vesistöjen likaajilta vaadittuihin veloitettuihin tutkimuksiin. Vesiviranomaisten säännöllinen tutkimustoiminta käynnistyi 1961 vesilain voimaantulon myötä.

Nykyisin vesihallituksen Vesientutkimuslaitoksella on 11 pysyvää veden laadun seurantajärjestelmää. Virtahavaintopaikkatutkimus kerää tietoja 187 joes- ta, järvisyvännettutkimus 168 järvestä ja meri- ja rannikkoalueiden seuranta tutkimus noin sadasta kohteesta rannikkovesistä. Pysyvien seuranta järjestelmien lisäksi tehdään kartoituksia erityisalueilla.

Näytteenoton ja suurimman osan analysoinnista suorittaa vesihallinnon 13 vesipiiriä. Vuosittain näytteenottajat käyvät lä-

hes 10 000 havaintopaikalla. Yhteensä näytteitä kertyy vuosittain yli 50 000. Koska yhdestä vesinäytteestä voidaan tutkia monenlaisia asioita, nousee analyysien määrä vuodessa yli puolen miljoonan.

Noin 1300 jätevesikuormittajaa, kalankasvatustilastoja, turvetuotantoaluetta, vesirakentajaa tai säännöstelijää on vesilain perusteella veloitettu tutkimaan toimintansa vaikutuksia vesialueellaan. Tätä veloitettarkkailua tekevät yksityiset vesientutkimuslaboratoriot. Vesihallitus valvoo yksityisten laboratorien toimintaa. Niillä on noin 3 000 havaintopaikkaa. Vuosittain veloitettarkkailun yhteydessä kerätään yli 10 000 näytettä, joista tehdään yli 100 000 analyysiä. ■



Ihminen heikentää myös eräiden suurten reittivesistöjen laskejokien veden laatua. Esimerkiksi Vuoksi, Kymijoki ja Kokemäenjoki ovat veden laadultaan korkeintaan tyydyttäviä suuren jätevesikuormituksensa vuoksi. Pohjois-Suomen vesimäärältään suuret joet, esimerkiksi Oulujoki, Kemijoki ja Tornionjoki ovat laadultaan hyviä lähes koko pituudeltaan.

### Rannikkokaupunkien lähivedet likaantuneita

Rannikkovetemme ovat käyttökelpoisuudeltaan arvioitu olevan suurimmaksi osaksi erinomaisia. Joissakin paikoissa on erityisesti suojaisten sisäsaariston veden laatu heikentynyt mm. jokien tuoman kuormituksen vuoksi. Haitat ilmenevät rehevöitymisinä. Lisäksi rannikolla on useita alueita, jotka ovat likaantuneita ja joiden käyttökelpoisuus on selvästi alentunut. Tällaisia alueita on yleensä sellaisten kaupunkien edustalla, joissa on vetä likaaavaa teollisuutta. ■

Vedenlaatu luokitus 1980-luvulla (julkaistu vesihallituksen luvulla).

- I erinomainen
- II hyvä
- III tyydyttävä
- IV välttävä
- V huono



# ONKO JUOMAMME VESI TURVALLISTA?

Harri Seppänen

**Juomavesi on eräs tärkeimmistä elintarvikkeistamme. Sen laadun valvonta ulottuu lähteille asti: vain hyvälaatuinen vesi kelpaa juomaveden raaka-aineeksi. Juomaveden laatu riippuu raakavesilähteestä mutta myös raakaveden käsittelystä. Vaikka Suomessa talousvesi voi olla huonon makuista tai sameaa, se on siitä huolimatta harvoja poikkeuksia lukuunottamatta terveydelle vaaratonta.**

## **Hyvä vai huono kaivo?**

Haja-asutusalueella juomavesi saadaan yleensä omasta kaivosta. Vain noin 3 % maaseudun väestöstä käyttää pintavettä juomavesilähteenään. On arvioitu, että lähes joka kolmannen kaivon vesi ei ole mikrobiologisesti hyväksyttävää. Neljänneksessä kaivoista eli 20 %:a haja-asutusalueiden väestöstä ottaa vetensä kaivosta, jossa on liikaa rautaa. Maaseudun asukkaista 800 000 kärsii siten huonosta juomavedestä.

Yksittäisen kaivon veden laatuun vaikuttaa suuresti se, miten kaivoa ja sen lähiympäristöä suojellaan. Puutteellinen viemärinti haja-asutusalueilla, väärät ratkaisut käymälöiden ja maatalousrakennusten sijoittelussa tai vaikkapa maataloudessa käytettyjen torjunta-aineiden käsittely juomavesikaivon läheisyydessä voi olla syynä kaivoveden pilaantumiseen. Esimerkiksi öljyisten esineiden huolimaton puhdistus tai säilytys kaivon lähellä saattaa pilata kaivoveden käyttökelpotomaksi.

## **Pinta- vai pohjavesi?**

Taajamien asukkaista noin 90 % saa juomavetensä vesilaitoksen verkostosta. Kokonaisuudessaan noin 3,5 miljoonaa suomalaista eli 74 % väestöstä elää talouksissa, jotka ovat liittyneet yleiseen vesijohtoverkkoon.

Hieman yli puolet vesijohtovedestä on peräisin pintavesilähteistä. Esimerkiksi Helsingin vesilaitos käyttää raakavetenään Päijänteen vettä. Raakavesi on pintavettä, vaikka se otetaankin 17 metrin syvyydeltä järvestä.

Pintavettä käyttävien vesilaitosten ongelmana on yleensä raakaveden sisältämät orgaaniset aineet. Raakavesi puhdistetaan niin, että siinä mahdollisesti olevat taudinaiheuttajamikrobit tuhoutuvat. Puhdistusprosessissa yleisimmin käytetty kloori sitoutuu vedessä oleviin orgaanisiin aineisiin.

Erityisesti silloin, kun raakavesilähteenä on järvi, jonka vesi on humuspitoista, syntyy kloorauksen yhteydessä runsaasti orgaanisia klooriyhdisteitä. Näistä kloorifenolit haisevat ja maistuvatkin pahalta. Lisäksi ne ovat ainakin jonkin verran ravintoketjussa rikastuvia ympäristömyrkyjä. Akuuttia myrkytysvaaraa ei ole, mutta yhdisteiden on epäilty olevan mutageenisia eli perinnöllisiä muutoksia aiheuttavia. Tällaiset yhdisteet saattavat siis olla karsinogeenisia eli syöpää synnyttäviä ja siten vaaraksi ihmiselle.

Pohjavesi on Suomessa yleensä erittäin hyvälaatuista ja hygienisesti moitteetonta. Pohjaveden käytön ongelmana vesilaitoksissa on useimmiten sen happamuus: vesilaitokset joutuvat käyttämään runsaasti emäksisiä kemikaaleja kuten lipeää ja soodaa pohjaveden neutralointiin. Happamuusasteen säätäminen on välttämätöntä putkiston korroosion estämiseksi.

## **Ongelmat erilaisia suurissa ja pienissä vesilaitoksissa**

Varsinkin pienten vesilaitosten ongelmana saattaa olla vedenkäsittelyyn käytettävien aineiden annosteleminen. Vuosittain maassamme sattuu joitakin ke-

mikaalien yliannostuksia. Yleensä kyseessä on joko lipeän tai kalkinsyötön häiriö. Isoissa vesilaitoksissa tällaisia ongelmia ei yleensä ole.

Veden kautta leviävät taudinaiheuttajat, virukset, bakteerit ja eräät alkueläimet ovat vesihuollon suurin terveydellinen riski. Suurissa vesilaitoksissa taudinaiheuttajat yleensä tuhoutuvat tehokkaalla desinfektoinnilla. Pienissä vesilaitoksissa torjunta saattaa ajoittain olla puutteellista. Puhdistuksessa käytetään yleisimmin klooria sekä tuhoamaan taudinaiheuttajat vedestä että säilyttämään juomavesi riskittömänä myös vesijohtoverkossa kuluttajalle saakka.

## **KUKA VALVOO TALOUSVEDEN LAATUA?**

Terveyslautakunnat valvovat talousveden laatua kunnan alueella vähintään neljästi vuodessa fysikaalis-kemiallisin määrittelysin ja kuukausittain mikrobiologisin määrittelysin. Määrittelyt tehdään sekä raaka- että verkostovedestä.

Lääninhallitukset valvovat, että kunnat noudattavat terveydenhoitolain velvoitteita.

Vesilaitokset tarkkailevat raakavettä, vedenkäsittelyn tehoa sekä verkostoveden laatua jatkuvasti fysikaalis-kemiallisin ja mikrobiologisin menetelmin.

Lääkintöhallitus antaa yleiset määräykset ja ohjeet talousveden desinfioinnista, terveydellisistä laatuvaatimuksista, tutkimuksista ja niiden suoritusiheydestä, veden käsittelyyn käytettävistä aineista ja vesilaitoksen vastaavan hoitajan pätevyydestä. ■





Helsingin Pitkälän vesilaitos. Kuva HKVVL.

Verkostoston desinfektointiaineen pitoisuutta ei voida pitää niin suurena, että myös putkikon sattuessa verkostoon pääsevät taudinaiheuttajat kuolisi-

vat. Putkivaurion sattuessa puhdas vesi pääsee usein saastumaan, mutta yleensä vesi silloin muutenkin muuttuu epämiellyttävän väriseksi tai makuiseksi ja

*Talousveden laatuvaatimukset Lääkintöhallituksen mukaan. Taulukossa on luetteloitu veden käyttökelpoisuuteen vaikuttavien aineiden ja ominaisuuksien enimmäispitoisuudet ja rajat. Terveystieteiden tutkimuskeskus on määrittänyt talousvesi on vesilaitosten jakamaa vettä.*

Aine tai ominaisuus	Enimmäispitoisuus mg/l	
	Talousvesi	Muu talousvesi
Alumiini	0,3	1,0
Ammonium	0,5	1,5
Kloridi	100	400
Kupari	0,3	1,0
Mangaani	0,1	0,5
Rauta	0,3	1,0
Sinkki	1,0	3,0
Anioniaktiiviset pesuaineet	0,2	1,0
Mineraaliöljyt	0,05	0,05
Permanganaattiluku	15	30
pH (happamuus)	7,0-9,0	6,0-9,5
Sameus (FTU)	1	5
Väri (Pt, Co asteikko)	15	30
Haju ja maku	ei selvää vierasta hajua tai makua	

varoittaa näin kuluttajaa vaarasta.

Myrkyllisten aineiden aiheuttama terveydellinen riski on keskitetyssä vesihuollossa melko pieni. Vaara on kuitenkin aina olemassa: raakavesilähteenä käytettävä järvi tai vesihuoltoon varattu pohjavesialue voi saastua esimerkiksi öljykuljetusten yhteydessä sattuvassa onnettomuudessa. Monet vilkkaasti liikennöidyt tiet halkovat tärkeitä pohjavesialueita.

#### Juomaveden laatua valvotaan

Veden laadun valvonta ulottuu raakaveteen asti. Lääkintöhallituksen ohjeet määrittelevät, kuinka juomaveden laatua tulee valvoa. Valvonta on sitä tarkempaa, mitä useampi ihminen käyttää samaa raakavesilähdettä. Siten suurten asutuskeskusten raakaveden laatua tarkkaillaan päivittäin. Kuitenkin maassamme on paljon yksityisiä kaivoja ja lähteitä, joiden veden laatua ei valvota ollenkaan.

Mikäli raakavesi puhdistetaan kemiallisesti, myös puhdistuksen tehoa valvotaan. Yleensä vesilaitosten jakaman veden laatua tarkkaillaan myös verkostossa eli lähempänä kuluttajaa. ■

# MYRKYLLISET SINILEVÄT

Kaarina Sivonen ja Per-Edvin Persson

**Kesällä 1985 kaksi lehmää kuoli nopeasti myrkytykseen juotuaan liitin Sääksjärven vettä. Myrkytyksen aiheuttajiksi varmistuivat sinilevät, joita tuuli oli kasannut lehmien juotto-paikkaan.**

Tapahtuma ei suinkaan ole ainutlaatuinen eikä edes aivan uusi ilmiö. Jo vuonna 1878 ilmestyi arvostetussa tieteellisessä lehdessä *Naturessa* australialaisen tutkijan George Francisin kuvaus sinilevämyrkytyksestä. Ensimmäinen Pohjoismaissa dokumentoitu sinilevien aiheuttama myrkytystapaus sattui kesällä 1928 Lahden Vesijärvellä. Tällöin useita kymmeniä nautoja kuoli tai jouduttiin lopettamaan. Sinilevien aiheuttamia kotieläinmyrkytyksiä on raportoitu ympäri maailman, mm. kaikista Pohjoismaista Islantia lukuunottamatta.

## Mitä sinilevät ovat?

Sinilevät ovat mikroskooppisen

pieniä eliöitä, jotka kuuluvat osana kaikissa luonnonvesissä eläviin pieniin kasveihin, kasviplanktoniin. Itse asiassa sinilevät ovat bakteereita, mutta ne kykenevät yhteyttämään kasvien tavoin.

Tietyt sinileväkannat pystyvät tuottamaan myrkyllisiä yhdisteitä. Miksi myrkyllisiä yhdisteitä syntyy, on toistaiseksi hämärän peitossa.

## Sinilevien massaesiintymät

Sinileviä voi joskus olla massoitain vesistöissä. Massaesiintymisiä kutsutaan veden kukinnaksi. Tällöin sinilevät kerääntyvät veden pintaan silminnähtäviksi, vihreiksi lautoiksi. Yleensä kukintoja on runsasravinteisissa,

pitkälle rehevöityneissä vesissä. Tällaisia järviä on maassamme etenkin Etelä-Suomessa, jonne suurin osa väestöstä keskittyy ja jossa harjoitetaan voimaperäistä maataloutta.

Kunnollisen kukinnan syntyminen edellyttää suotuisaa säätä. Kukintoja muodostavat lajit pystyvät säätelemään kelluvuuttaan soluissa olevien pienten kaasurakkuloiden avulla. Levät pyrkivät kellumaan sellaisessa vesikerroksessa, jossa valoa on sopivasti mutta ei liikaa. Ylirehevässä vesistössä valoa on yleensä vain aivan veden pintakerroksessa. Sinilevät pyrkivät tällöin jatkuvasti nousemaan ylemmäs varsinkin tuulisella säällä, jolloin ne muutoin sekoittuisivat tuulen mukana koko vesimassaan. Mikäli tuulet yhtäkkiä tyyntyvät, sinilevät kasautuvat pinnalle kuolevaksi kukinnaksi.

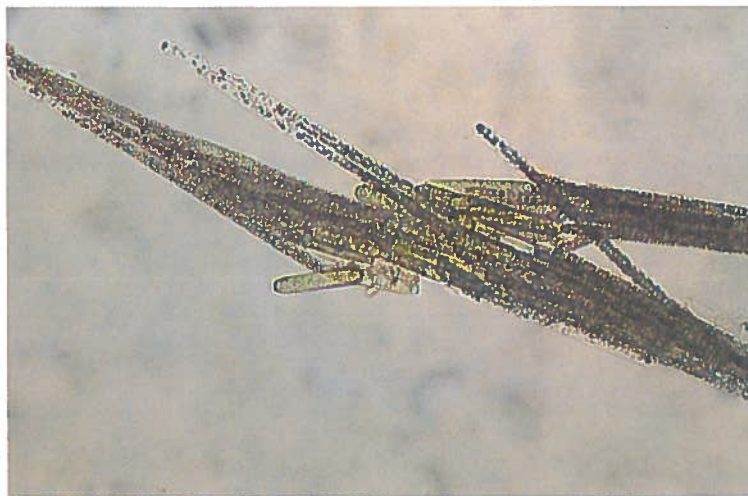
## Sinileväkukinnan haitat

Sinileväkukintoja on yleensä vain loppukesällä, jolloin vedet ovat lämpimimmillään ja uima-kausi parhaimmillaan. Tällöin puuromainen vesi tekee uimisen epämiellyttäväksi ja vesistön virkistyskäyttöarvo alenee. Tietyt sinilevälajit aiheuttavat hajua ja makuhaittoja veteen ja sen myötä kaloihin.

Tällä vuosikymmenellä on todettu, että sinilevien myrkylliset kukinnat ovat melko yleisiä. Norjassa, Ruotsissa ja meillä Suomessa noin puolet tutkituista kukinnoista on osoittautunut myrkyllisiksi.

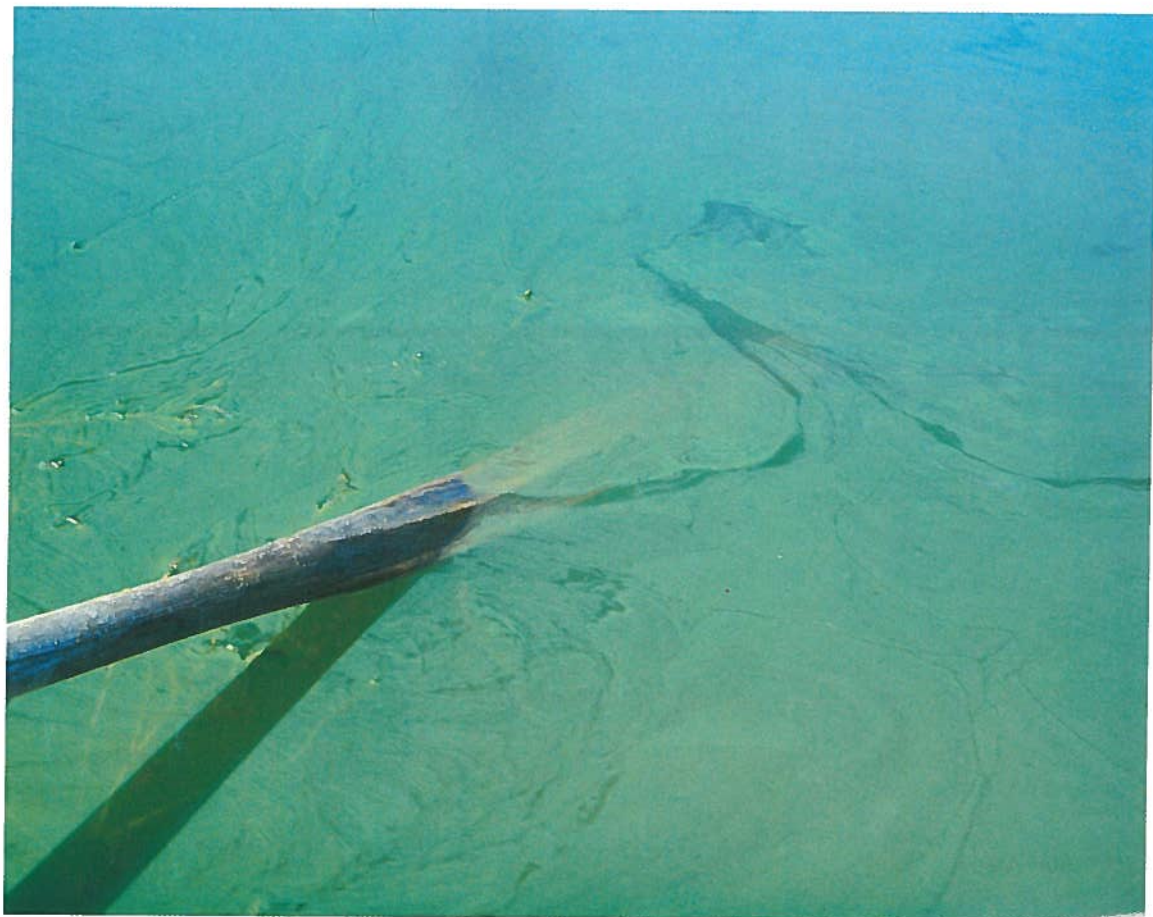
## Sinilevämyrkyt . . .

Sinilevien myrkyistä osa on kemialliselta rakenteeltaan vielä selvittämättä. Ne on kuitenkin



*Aphanizomenon flos-aquae* -sinilevä. Kuva Tore Lindholm





luokiteltu neljään ryhmään: hermostoon vaikuttavat myrkyt (neurotoksiinit), maksamyrkyt (hepatotoksiinit), ihottumia aiheuttavat myrkyt (dermatotoksiinit) ja ns. endotoksiinit.

Hermomyrkyt vaikuttavat hyvin nopeasti. Koe-eläinten kuolema johtuu hengityselinten halvaantumisesta. Voimakkuudeltaan hermomyrkyt on verrattu kalkkarokäärmeen myrkkyyn.

Maksamyrkyt vaikuttavat hitaammin kuin hermomyrkyt.

*Sinileväkukintaa.  
Kuva Tore Lindholm.*

Myrkkujen vaikutuksesta maksan paino kasvaa ja sen väri tummuu sisäisten verenvuotojen seurauksena.

Valtamerissä esiintyvät sinilevämyrkyt ovat aiheuttaneet ihottumia uimareille ("swimmers-

## SINILEVIEN AIHEUTTAMIA ELÄINMYRKYTYS- TAPAUKSIA SUOMESSA

Ensimmäinen Suomessa kirjattu sinilevien aiheuttama myrkytys havaittiin 1928 Lahden Vesijärvellä. Tällöin n. 40 nautaa kuoli juotuaan "sinileväpuuroa". Viimeisin karjakuolema on kesältä 1985, kun litin Sääksjärvellä kuoli kaksi nautaa. Kummassakin tapauksessa epäillyt aiheuttajat ovat olleet *Anabaena*- ja *Aphanizomenon*-sukuihin kuuluvia sinileviä.

Rannikkovesissämme on rekisteröity yksi myrkytys, jonka aiheuttajaksi on epäilty *Nodularia spumigena* -sinilevää. Porvoon Emäsalossa kuoli kesällä 1984 kolme koiraa juotuaan vettä sinileväkukinnan aikana. Samana vuonna ja sitä seuraavana todettiin myös Ahvenanmaalla kalojen ja lintujen myrkytystapauksia. ■

### Esimerkkejä sinilevätoksiineista

toksiinityyppi	kemiallinen rakenne	esimerkkejä tuottajista
neurotoksiinit	alkaloidi alkaloidi	<i>Anabaena flos-aquae</i> <i>Aphanizomenon flos-aquae</i>
hepatotoksiinit	polypeptidi tuntematon tuntematon	<i>Microcystis aeruginosa</i> <i>Oscillatoria agardhii</i> <i>Nodularia spumigena</i>
dermatotoksiinit	vaihteleva	<i>Lyngbya majuscula</i>
endotoksiinit	lipopolysakkaridi	<i>Anabaena flos-aquae</i> <i>Oscillatoria tenuis</i>

itch"). Ihottumaa saattaa esiintyä myös sisävesissä uijilla. Eläimillä myrkkujen on todettu aiheuttaneen nahan herkistymistä auringon valolle. Herkistyminen on voinut johtaa esimerkiksi lehmien karvapeitteen laikuttaiseen irtoamiseen.

Endotoksiinit aiheuttavat flunssamaisia oireita: kuumetta, särkyä ja ripulia. Endotoksiinin on epäilty aiheuttaneen myös ns. kylpykuumeita.

#### ... ja niiden tuottajat

Sinilevät on suuri eliöryhmä, jossa on lukuisia sukuja ja lajeja.

Tähän mennessä noin kymmenen sinilevälajin on todettu voivan olla myrkyllinen. Samalla lajilla voi olla sekä myrkyllisiä että myrkyttömiä kantoja. Lajin tunnistaminen ei siis riitä myrkyllisyyden osoittamiseksi.

Yleisimpiä sisävesissä eläviä, mahdollisesti myrkyllisiä kantoja sisältäviä sinileväsukuja ovat *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis* ja *Oscillatoria* sekä murtovesissä *Aphanizomenon*, *Nodularia* ja *Oscillatoria*.

#### Onko sinilevämyrkyistä vaaraa ihmiselle?

Sinilevät tuskin aiheuttavat ihmisille välitöntä myrkyttymisvaaraa. Ihmiset pystyvät välttämään ulkonäöltään epämiellyttävän veden juomista toisin kuin kotieläimet.

Lisäksi myrkkijä on yleensä todettu olevan niin pieniä määriä että sinileviä sisältävää vettä saisi juoda varsin runsaasti, ennen kuin myrkytys ilmenisi.

Ongelman muodostavat raakavesilähteenä käytetyt vesistöt, joissa aika ajoin on myrkyllisiä leväkukintoja. Myrkkylevätutkimus on niin Suomessa kuin muuallakin maailmassa vasta aluillaan. Tutkijoilla ei vielä ole riittävästi tietoa siitä, miten ja kuinka paljon sinilevämyrkkijä poistuu raakaveden puhdistuksessa. Vielä ei myöskään ole tietoa siitä miten pienet myrkkypitoisuudet vaikuttavat ihmiseen. Myös virkistyskäyttäjille sinileväkukinnoista saattaa esteettisen harmin lisäksi koitua terveydellisiä ongelmia ihottumien ja flunssamaisten oireiden muodossa. Työsarkaa riittää myös myrkkujen kemiallisen rakenteen selvittämisestä myrkyllisyysvaihteluiden syiden tutkimiseen.

## VESISTÖT VIRKISTÄYTYMISEEN

Erkki Santala

**Suomen rikas sisävesi- ja saaristoluonto on erinomainen virkistäytymisen lähde. Veneily, ulkoilu, kalastus, uinti ja rantalomailu kuuluvat tärkeänä osana suomalaiseen vapaa-ajan viettoon.**

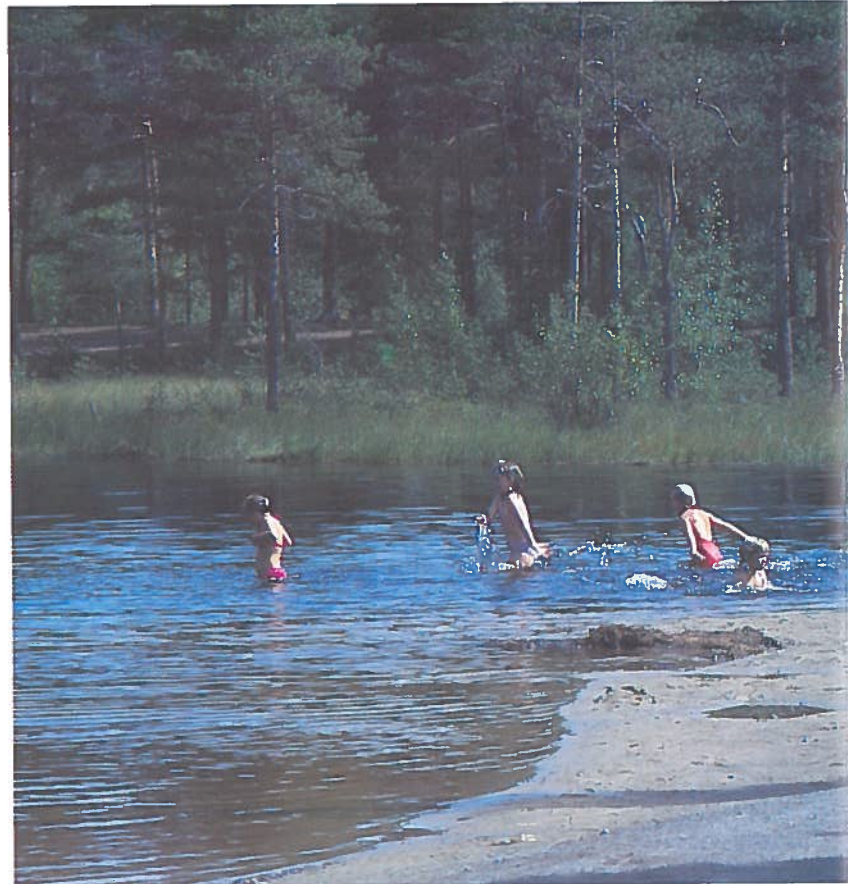
Vesistöjen vetovoima on puhtaassa vedessä, vesistöjen tarjoamissa liikkumismahdollisuuksissa sekä tasapainoisen vesimaiseman viehätyskäsä. Virkistyskäytön merkitys aletaan tunnustaa vesilainsäädännössäänkin.

#### Loma-asuntojen määrä lisääntyy

Ensimmäiset nykyisten kaltaiset kesähuvilat rakennettiin maasamme jo viime vuosisadalla.

Huviloita oli silti pitkään harvassa. Vasta 1950-luvulla, tiestön parantuessa ja autoistumisen alkaessa, alkoi loma-asutuksen leviäminen. Samalla tarve kasvoi kaupungistumisen myötä.

Valtaosa loma-asunnoista on rakennettu veden ääreen. Mökille käydään kesälomalla, jolloin muikin vesillä virkistäytyminen on vilkkaimmillaan. Vuoteen 2000 mennessä koko maassa lienee jo yksi kesämökki jokaista kymmentä asukasta kohden.





Rakentamisen painopiste on siirtynyt eteläisimmästä Suomesta Järvi-Suomeen, jossa vapaata rantaa on vielä runsaasti.

#### Uinti —

##### vedessä veden ehdoilla

Aikaisemmin uimaranta oli kesäisin koko kylän kohtaamispaikka. Sitten erityisesti merkityt "yleiset uimarannat" ovat tulleet korvaamaan aikaisemmin jokamiehenoikeudella käytettyjä uimapajakoja. Tilastojen mukaan 1970-luvun alussa oli maassamme yli 2 000 yleistä uimarantaa, joilla käytiin noin 2,5 kertaa jokaista asukasta kohden uimakaudella.

Vesistön puhtaus on uimareille tärkeä sekä terveydellisistä syistä että viihtyisyyden takia. Monet vesiensuojelutoimenpiteet ovatkin tähänneet "uintipuhautauden" säilyttämiseen tai palauttamiseen.

##### Vesille venosen mieli

Veneilyn harrastajia on Suomessa yli miljoona. Jokaiselle kesämökille kuuluu rantasaunan

ohella vähintäänkin soutuvene. Veneily on vilkkaimmillaan heinäkuussa. Toukokuussa ja syyskuun lopun jälkeen vesille lähtevät yleensä vain innokkaimmat kalamiehet.

Valtaosa veneistä on pieniä. Suuret matkaveneet ovat kuitenkin yleistyneet, usein loma-asunnon korvikkeeksi. Vesilläämme järjestetään entistä enemmän myös purjehduskilpailuja: Päijänteellä on vuosittain Euroopan suurin sisävesien kilpailu.

Purjelautailu on uusi tulokas vesiemme virkistyskäytössä.

Eräs veneilyn ongelmista on hyvien luonnonsatamien häviäminen yleisestä käytöstä mm. loma-asuntojen rakentamisen vuoksi ja veneilyalueiden supistuminen uusien siltojen rakentamisen myötä. Kotisatamapaikojen puute rajoittaa veneiden määrän kasvua.

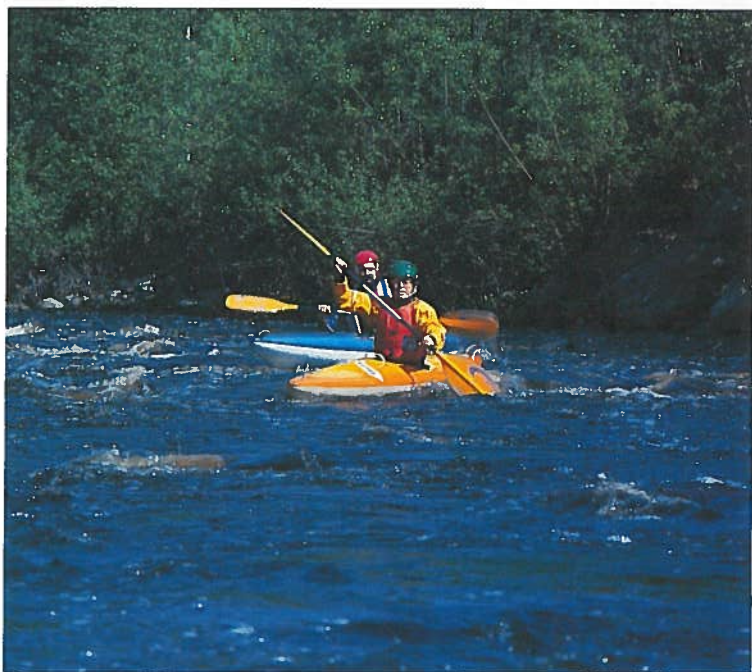
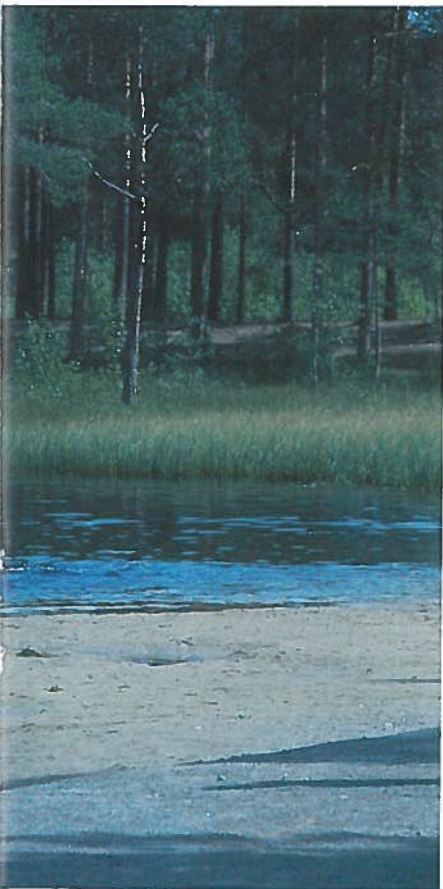
Veneilyn vesiympäristölle aiheuttamat haitat ovat valtakunnallisesti vähäisiä, mutta paikallisesti ongelmallisia. Esimerkiksi veneilijöiden jätehuoltopisteet ovat vielä monin paikoin järjestämättä.

##### Vesiretkeily on luonnonläheisin veneilymuoto

Vesiretkeily soutuvenein ja kanootein on lisääntynyt viime vuosina, tarjoavathan suuret järvemme ja rauhalliset rannikkovehemme siihen oivalliset mahdollisuudet. Vesiretkeilijät ovat löytäneet myös jokireitit. Ne tarjoavat uusia maisemia ja koskenlaskun jännitystä.

Meloja pääsee syrjäisillekin vesille. Kartalla vähäisiltä vaikuttavat vesistöt saattavat tulva-aikoina olla mielenkiintoisia retkikohteita. Tulva-aikoina Etelä- ja Keski-Suomestakin löytyy paljon laskukelpoisia koskireittejä, Lapista puhumattakaan.

Jokivesistöjen kunnostushankkeet tähtäävät kalatalouden hyödyn ohella usein myös vesiretkeilymahdollisuuksien parantamiseen. Rakennetut rantautumispaikat, opastetut retket ja koskenlaskukurssit ovat tehneet kunnostetuista koskireiteistä suosittuja. Yksinäisyyttä kaipaavalle on silti edelleenkin lukemattomia mahdollisuuksia reitin valintaan. ■



Vesistöjen virkistyskäyttö on laajaa. Vuonna 1984 Suomessa oli:  
— 300 000 loma-asuntoa, 350 leirintäaluetta ja 40 000 lomakylän, leirintä-  
alueomökkien ja vuokramökkien vuodepaikkaa vesistöjen rannoilla  
— 300 000 soutuvenettä, 25 000 kanoottia, 250 000 moottorivenettä, 20 000  
purjevenettä ja 25 000 purjelautaa  
— veneilysatamia oli yli 1 000 ja merkittävä väyliä lähes 13 000 km  
— kalastuksenhoitomaksun suoritti 650 000 henkilöä ja vesilintujen metsäs-  
tystä harrasti lähes 200 000 henkeä.  
Kuvat Erkki Santala.





## LOMAILIJAN VESIENSUOJELU OHJEITA

Haluatko pitää oman ja kesänaapurisi rantaveden puhtaana? Haluatko veneillessäsi ja retkeillessäsi levähtää roskattomilla rannoilla? Vaaditko itseltäsi samaa kuin toivot muilta matkailijoilta?

### Kesämökkiläinen:

Rantaviiva on maiseman arvokain osa ja vesistön luonnollinen suojavyöhyke. Rantaviivaa voidaan suojella sijoittamalla rakennukset ja muu maastossa näkyvä toiminta etäälle rannasta.

Pienellä tontilla on ehkä vain yksi kaivonpaikka. Sitä on suojeltava, sillä pohjavesi on parasta juomavettä. Hyvälaatuinen pintavesi sitä vastoin sopii pesuvedeksi.

Mitä vähemmän vettä käytät, sitä helpommin ratkeavat jätevesiongelmät. Älä hanki runsaasti vettä kuluttavia laitteita loma-asunnollesi!

Käymäläjätteet ovat vaaraksi ympäristölle. Valitse loma-asuntonsi ratkaisuksi kuiva- tai kompostikäymälä. Sijoita käymälä tarpeeksi kauas rantaviivasta.

Maaperä ja kasvillisuus sitovat pesuvesien sisältämät ravinteet ja lian. Rakenna sauna niin kauas rannasta, että voit imeyttää saunavedet maaperään.

Järven käyttäminen mattojen ja muun pyykin pesuun on uhka vesistölle. Pesuaineet sisältävät runsaasti vettä rehevöittäviä ravinteita. Mäntysuopa ja -saippua ovat parempia vaihtoehtoja; silti pyykki on parasta pestä rannalla ja imeyttää pesuvesi maahan.

Yhteistyö on voimaa vesien-suojelusakin. Sovi kesänaapureidesi kanssa yhteisistä periaatteista lomajärvenne suojelemiseksi!

### Veneilijä ja vesiretkeilijä:

Sekä veneiden että veneilysatamien jätehuoltovaroituksen on oltava sellainen, että luonnon roskaaminen ja vesien pilaantuminen voidaan estää. Vähäiseltäkin tuntuvasta roskaamisesta on haittaa, kun moni tekee sen samassa paikassa.

Roskille ja muille jätteille on veneessä oltava sopivat keräilyastiat. Keräilyastiat on tyhjentävä jätehuoltopisteisiin. Hel-

posti palavat roskat voi polttaa.

Käytä mahdollisuuksien mukaan veneilysatamissa olevia käymälöitä. Mikäli hankit veneeseen venekäymälän, on siihen voitava liittää riittävän suuri jätesäiliö niin, ettei sitä jouduta tyhjentämään sopimattomaan paikkaan. Käymäläjätettä ei milloinkaan saa tyhjentää rantavesiin, vaan mieluummin veneilysatamien vastaanottoaikoihin. Pyri vaikuttamaan siihen, että satamiin ja veneleiripaikoille saadaan asianmukaiset jäteastiat.

Astianpesuvedetkin voivat olla haitallisia ahtaissa satamalahdissa. Ongelmahan on vesiensuojelun kannalta sama kuin jos ranta olisi rakennettu täyteen mökkejä. Käytä siksi mieluiten saippuapohjaisia pesuaineita ja imeytä pesuvesi maahan. Näin estät osaltasi satamapaikkojen rehevöitymisen.

Moottoriveneilijän on pidettävä veneen moottori aina hyvässä kunnossa, jotta polttoaine ja öljypäästöt pysyisivät pieninä. Polttoaineen joutumista veteen on varottava varsinkin tankkauksen yhteydessä. Kerää jäteöljy talteen ja toimita keräilypaikkaan. Imeytä pilssivedessä oleva öljy ennen veden pumppausta ulos. ■



# VESIMAISEMA KAUPUNKIYMPÄRISTÖSSÄ

Maisa Siirala

**Suomalainen kaupunkisuunnittelu elää vesistöjen maisemallisen suunnittelun suhteen takapiha- ja viemäriaihetta. Vesielementin uusi arvostus on tehnyt siitä taas tärkeän tekijän kaupunkisuunnittelussa.**

Vesielementti on kokenut suomalaisessa kaupunkikehityksessä monia arvostuksen vaiheita:

1. Välttämättömyys — elinehtovaihe. Asutus ja kylät syntyivät vesistöjen varrelle, vesi oli tärkeä kulkuväylä, kalastus oli merkittävä elannon lähde.

2. Hyväksikäyttö — elintason nousun vaihe. Vesivoiman käyttöönotto mahdollisti teollisuuden laajamittaisen kehityksen. Koskivoima synnytti sahoja ja metalli- ja tekstiiliteollisuutta. Uusia yhdyskuntia syntyi tehtaiden ja ruukkien ympärille. Vesimaisemasta tuli osa rakennettua ja hoidettua käyttöympäristöä. Vesistöjä käytettiin monipuolisesti hyväksi.

3. Välinpitämättömyys — takapihavaaihe. Tiestöä ryhdyttiin kehittämään, toiminnot sijoituivat teiden varteen, kylät käänsivät selkänsä vesistöille. Rantoja käytettiin tunkiona ja vesistöjä viemäreinä.



*Vanhaa ja uutta Kokkolan Sunnitiä.*

4. Oma tupa — oma lupa, aita rantaan -vaihe. Oma ranta sai uuden arvon, ja se rajattiin muusta ympäristöstä.

5. Myöhäisherännäisyys — uusi arvostus. Kun suuri osa taajamien rannoista oli jo varattu, hauchtui yhteiskunta. Rantoja ryhdyttiin hankkimaan yleiseen käyttöön.

6. Luonnon kohennus ja hoito — virheiden korjausvaihe. Ihmisen toiminta on saanut aikaan haitallisia muutoksia vesistöissä. Luonnon omat muutosprosessit sekä tiedon puute ovat myös vaikuttaneet. Kun näitä tapahtumaketjuja on alettu ymmärtää, on ollut mahdollista kehittää myös korjausmenetelmiä. Vesistöjä voidaan kunnostaa uudelleen käyttöön ja estää niiden pilaantumisen tai jopa kuoleminen.





*Tehokkaastikin rakennetusta rannasta voi tulla viihtyisä osa kaupunkiympäristöstä, jos vesimaisema otetaan suunnittelussa oikein huomioon. Kuvat Tampereen ydinkeskustasta.*



### **Vesi maisemaelementtinä**

Vesi on merkittävä maisemaelementti. Vedellä on aivan poikkeuksellisia ominaisuuksia:

- vesi on voimakas katseen vangitsija
- vesipinta on vahva tilanmuodostaja
- vesi korostaa muita maisemaelementtejä läheisyydessään
- vesi elää ja moninkertaistaa ympäristön elämän
- vesi on kuin tuli, se houkuttelee äärelleen

Vesimaisemaa voidaan kuvata ja luokitella monella tavalla. Se voidaan kokea kaukomaisemana tai lähimaisemana. Ranta on kahden elementin, maan ja veden tärkeä rajavyöhyke. Vesillä liikkuja voi kokea kulkelevansa eri-

laisten maisematilojen läpi: sellän, saariston, kapeikon, umpilahden. Vesimaisemaa voivat jäsentää monet kiintopisteet, solmukohdat ja maamerkit.

### **Kaupunkikuvaa on nyt tutkittu**

Vesielementin merkitystä kaupunkikuvaan vaikuttavana tekijänä on aiemmin tutkittu varsin vähän. Vesi on ollut suomalaisessa ympäristössä pitkälti itsestäänselvyys. Aiemmin vesimaisema ja rantavyöhyke olivat keskeinen osa kaupunkirakenteesta. Kaupunkien voimakaimman kasvun aikana vesielementti jäi osin unohtuksiin.

Ympäristöministeriö teetti tutkimuksen vesielementistä kaupunkiympäristössä. Myös Kaupunkiliiton tuoreessa tutkimuk-

sessä on esimerkkejä veden ja rantojen osuudesta ympäristön parantamisessa.

Ympäristöministeriön tutkimuksessa tarkasteltiin 14 kaupunkia. Mukana oli niinkin erilaisia kuin Loviisa meren rannalla, sisäjärvien solmukohtaan muodostunut Savonlinna ja jokimaisemasta kasvava Loimaa. Kohdekaupungeista tutkittiin rantojen nykyistä käyttöä ja suhdetta kaavoihin sekä rantarakentamisen vaikutuksia vesimaisemaan.

Tutkittujen kaupunkikeskusten rannoista oli virkistyskäytössä vajaa kolmannes, rakentamattomina lähes viidennes, samoin liikennealueina. Asumiskäytössä oli 14 % ja sama määrä teollisuus- ja huoltoalueina. Liike- ja palvelualueina oli vähän yli 6 %.

### **Rannoilla on ongelmatyyppejä**

Rannoilla on vesielementin kannalta ongelmallisia maankäyttömuotoja, joita kuvaavat seuraavat luonteenpiirteet:

1. Tuhlarit eivät hyödynnä vesielementtiä, mutta tuhlaavat jonkun muun toiminnan tarvitseman ranta-alueen.
2. Selänpääntäjät eivät arvosta vettä visuaalisena elementtinä vaan kääntävät takapihan ranta-alueelle.
3. Joutomaat sijaitsevat keskeisillä rannoilla, mutta ovat hoitamattomia ja käyttämättömiä.
4. Riitapukarit: maankäyttömuotojen kilpaillessa lopputulos on usein vesimaisemalle huono.
5. Suunnittelukukkaset: liian toimintakeskeinen suunnittelu laiminlyö usein kaupunkikuvan.
6. Vaeltajat: kun uudet maankäyttömuodot valtaavat perinteiset ympäristöt, osa tunnusomaista kaupunkikuvaa katoaa.
7. Ohikulkijat: ohikulkutiet estävät rannan muun käytön ja aikaansaavat yksitoikkoisen vesimaiseman
8. Vähävetiset: tekovesillä kuten kanavilla, altailla ja suihkulähteillä voidaan rikastaa muuten vedetöntä kaupunkikuvaa.

Vesimaiseman huomioonottamisella voi löytyä uusia mahdollisuuksia luoda mielihyvää ja viihtyisyyttä jokapäiväiseen elämään. ■



# VESISTÖJEN SÄÄNNÖSTELY ENNEN — NYT — TULEVAISUUDESSA

Lasse K. Kivekäs

Vesistöjen säännösteleminen on hyvin vanha keino. Varhaisimmissa tiedossa olevissa tapauksissa sitä on käytetty juoma- ja kasteluveden saamisen turvaamiseksi. Vanhin tieto on n. vuodelta 2 000 e. KR. ja eräästä tällaisesta n. 700 v. e. KR. toteutetusta hankkeesta on maininta Vanhassa Testamentissa (Toinen Kuningasten Kirja 20.).



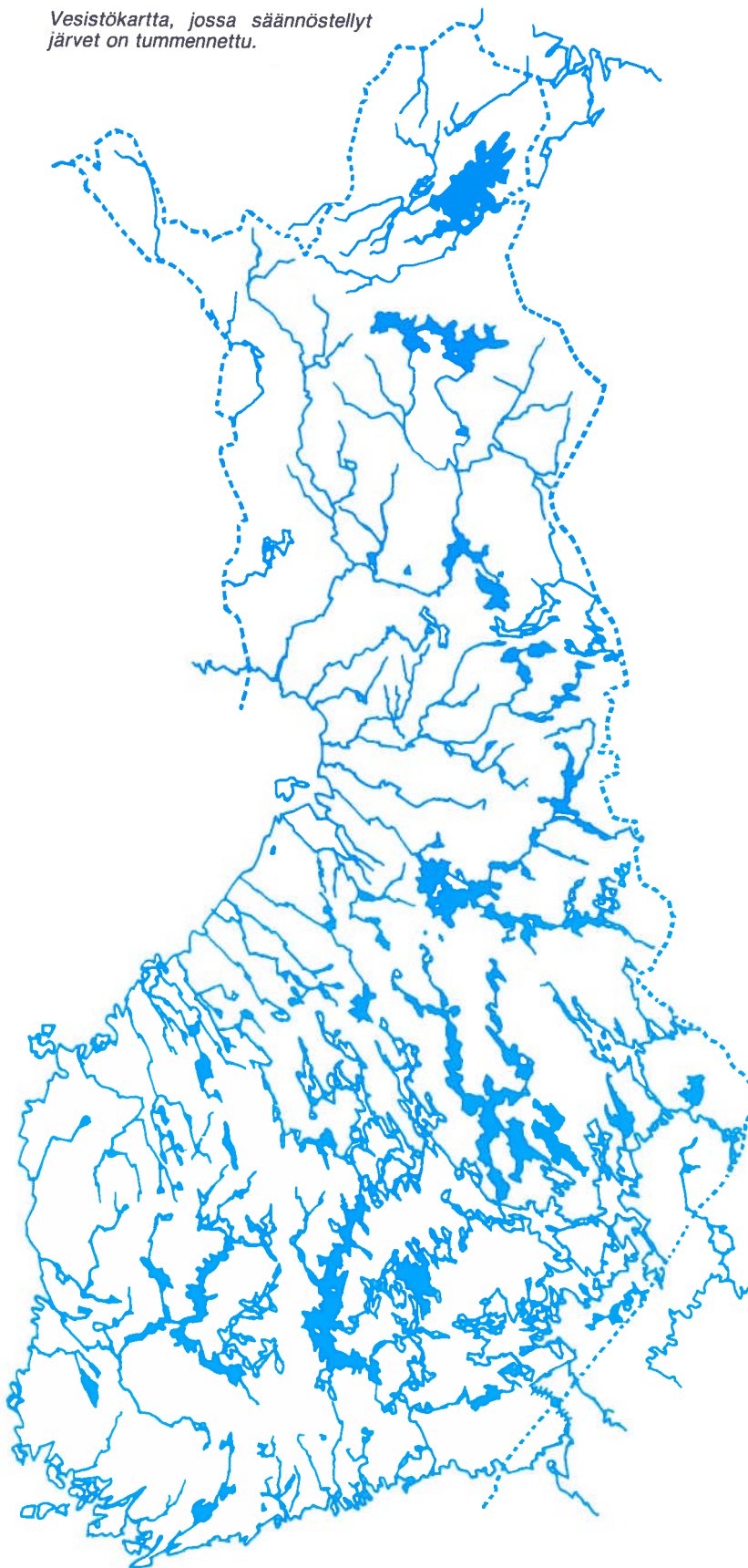
Vanhoissa kulttuureissahan ongelmana oli vesihuollon järjestäminen niin, että vettä voitiin saada tasaisesti myös vuoden pitkänä kuivana aikana. Nykyaikanaakin vedenjuoksun säännösteleminen kasteluveden saamiseksi on esim. Keski-Aasian ja Afrikan hedelmällisillä mutta ilmastoltaan kuivilla alueilla välttämättömyys ja elinehto. Monet kasteluhankkeet hyödyttävät samalla vesiliikennettä ja vesivoiman saantia. Säännöstelyn tavoitteena on usein lisäksi suurten tulvavirtaamien aiheuttaman maan syöpmisen eli eroosion torjuminen vedenjuoksua tasoittamalla. Nämä kaikki edellyttävät vesihuollon tapaan vedenjuoksun muuttamista säännöstelyn keinoin.

## Vesistöjen säännöstely Suomessa

Meidän maassamme vesikysymykset ovat toisenlaiset kuin etelässä. Meillä on sekä resursseina että ajoittain myös ongelmana veden runsaus. Tämä johti Suomessa etelässä välttämättömän veden maille johtamisen sijasta päinvastaiseen keinoon, veden mailta johtamiseen eli vesistöjen laskemiseen. 1700-luvulta aina tämän vuosisadan alkupuolelle asti eli parin vuosisadan ajan ehdittiin laskea lukemattomia järviä — monia useampaankin kertaan.

Vesistöjen säännöstelemisen käsite tuli meille vasta v. 1934 silloiseen v. 1902 säädettyyn vesioikeuslakiin laissa tätä ennen olleen vesistön järjestelyn rinnalle. Käsite on myös nykyisessä v. 1962 voimaan tulleessa vesi-

Vesistökartta, jossa säännöstellyt järvet on tummennettu.



laissa, ja sillä tarkoitetaan luonnonmukaisen vedenjuoksun muuttamista useita hyötytarkoituksia varten.

Lainmuutoksen tarve johtui pääasiallisesti kahdesta syystä. Suomea olivat koetelleet v. 1899 ja 1924 ankarat tulvat, ja 1920—30 -luvuilla oli rakennettu kaksi suurta voimalaitosta, Tainionkoski ja Imatra. Saimaa oli lisäksi tärkeä vesitie. Sekä tulvien estämiseksi että voimalaitosten vedensaannin tasoittamiseksi ja vesiliikenteen vuoksi ryhdyttiin tutkimaan Saimaan säännöstel mistä eli Vuoksen vedenjuoksun ja siitä riippuvan Saimaan vedenkorkeuden muuttamista.

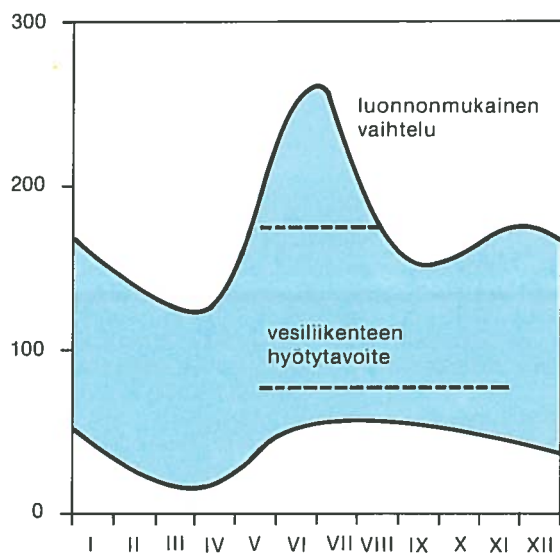
Säännöstelyhankkeiden aloitteentekijänä on yleensä ollut voimatalous, koska se on useimmiten ollut suurin hyödynsaaja. To toteutetuista säännöstelyistä suurimmat on toteutettu voimataloudellisina hankkeina, jolloin kuitenkin samalla on otettu huomioon erityisesti maa- ja metsätalouden sekä vesiliikenteen etutavoitteet. Useimmissa säännöstelyissä vedenpinnan tasoa on alennettu järvenlaskuperinteen mukaisesti. Tällainen selvä järvenlasku on esimerkiksi Vanajaveden säännöstely, Päijänteellä taas on ollut lievä järvenlasku.

Oulujärven säännöstelyssä on voimatalouden lisäksi ollut muina tavoitteina maatalous ja vesiliikenne sekä erikoisuutena järvelle ominaisten rantavyörymien estäminen. Kuvasta nähdään, että voimataloudellinen tavoite on saavutettu varsin hyvin. Virtaamaa on lisätty talviaikana, jolloin sähköenergian tarve on suurin ja vähennetty kesällä, jolloin energian kulutus on pienempää. Maa- ja metsätaloudelle tuotetaan hyötyä, koska tulvia on alennettu, jolloin rantapelot kuivuvat keväällä maatyökelpoisiksi luonnonmukaista aikaisemmin. Vahinkoa taas aiheutuu syksyllä, kun vedenpinta on voimataloustavoitteen vuoksi noin joka kolmas vuosi vastaavaa luonnonmukaista ylempänä. Vesiliikenteen vuoksi kesäaikainen alaraja on melko korkealla. Rantavyörymät on pysäytetty alentamalla tulvia.

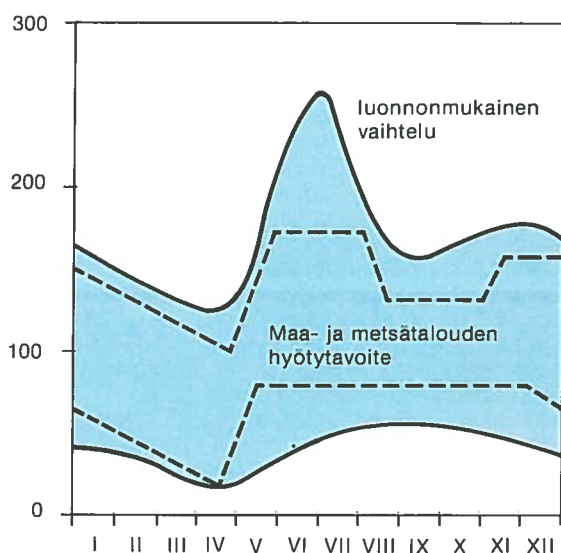
Saavutettu tulos johtuu siitä, että Oulujärvi on suuri ja vesistö runsasjärvinen, jolloin luonto jo varastoi vesiään tehokkaasti reitin järviin. Voimataloustulokses-



Vedenpinnan korkeus/cm

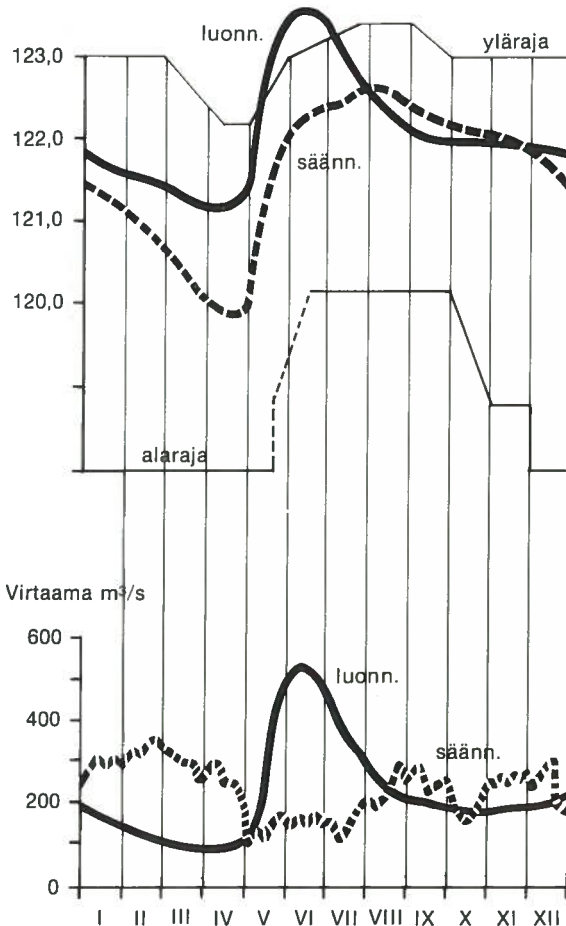


Vedenpinnan korkeus/cm

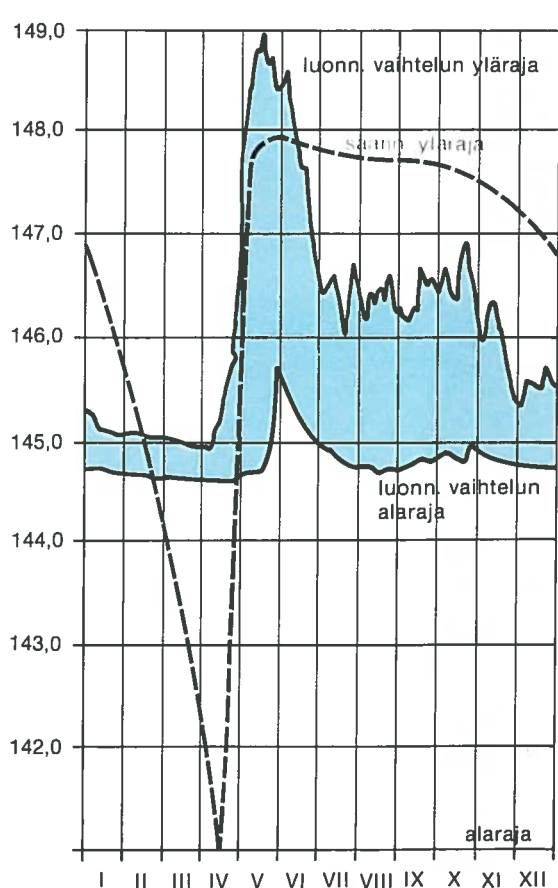


Maa- ja metsätalouden sekä vesiliikenteen tavoitteet järven vedenpinnan muuttamiselle.

Vedenpinnan korkeus/m



Vedenpinnan korkeus/m



Oulujärven keskimääräinen vedenpinnankorkeus säännösteltynä ja säännöstelyrajat sekä luonnonmukainen ja säännöstelty virtaama.

Kemijärven (L=3 %) luonnonmukainen ja säännöstelty keskimääräinen vaihtelu (jakso 1931—60).

ta on vielä huomattava, että yleensä suurin hyöty sadaan jokiosalla suoritettavasta säädöstä, joka taas ei vaikuta järven vedenkorkeuteen.

Oulujärven vesistössä järviä on 13 % (järviprosentti  $L=13\%$ ). Kuvat osoittavat miten Oulujoen tapainen virtaaman muuttaminen vaikuttaa pienen järviprosentin vesistössä kuten Kemijärvellä ( $L=3\%$ ) ja suuren järviprosentin vesistössä, Päijänteellä ( $L=19,5\%$ ). Vaikka juoksutus on säännöstelyssä muutettu rytmiltään lähes päivinvastaiseksi, järven vedenpinnan vaihtelurytmi ei ole paljoa muuttunut. Kemijärvellä vaihtelu on voimistunut, kun taas Päijänteellä se on lähes luonnonmukainen.

### Onko vesistöjä säännösteltävä vuonna 2000?

Otsikon kysymys on varmasti aiheellinen, koska olot ovat muuttuneet säännöstelytoiminnan aloittamisen jälkeen. Vesien käytön tarpeet ovat nyt erilaisia ja monipuolisempia kuin ennen. Vaatimukset ovat kasvaneet, ja ajattelutapa on muuttunut sen mukana.

Vesistöjen säännöstelyn tarpeen taustana olevat perusongelmat ovat kuitenkin entisenlaiset, sillä ne riippuvat sääoloista. Vesistöt ovat veden kiertokulun

perusteella kylläkin uusiutuva luonnonvara, mutta sateiden sattumanvaraisuuden vuoksi hyvin epävakaa luonnonvara. Sadanta voi muuttua meillä kymmenkertaisesti (esimerkiksi kesäkuussa 14:sta 140:een millimetriin), ja seuraus näkyy vesistöissä tulvina tai kuivuutena. Vuosivaihtelun lisäksi on vielä tulvien ja vähänveden vuosijaksoja. Kuluneiden kymmenen vuoden aikana on esimerkiksi ollut suuria tulvavuosisjaksoja, ja 1940-luvulla taas oli useiden vuosien mittaisia kuivuusjaksoja.

Vesilojen suuria vaihteluja — tulvia ja kuivuutta, liikavettä ja vedenpuutetta — pidetään epätoivottavina ja vahingollisina. Vesistön säännöstelemisen on siten edelleen ajankohtainen mahdollinen keino tilanteen muuttamiseksi halutuksi.

Säännöstelyn vaikutusalue on laaja. Se koskee välittömästi vesistön sekä vedenalaista että vedenpinnan yläpuolella olevaa ranta-aluetta ja niiden ekosysteemiä. Välillisesti se koskettaa monia ihmisiä ja etupiirejä. Vaikutusten suuruus vaihtelee kuitenkin paljon ja riippuu pääasiassa järviprosentista. Siten se on hyvin tapauskohtaista. Muutos voi laadultaan olla joko hyödyllistä, haitallista tai neutraalia. Siksi on tärkeää, että säännöstely-

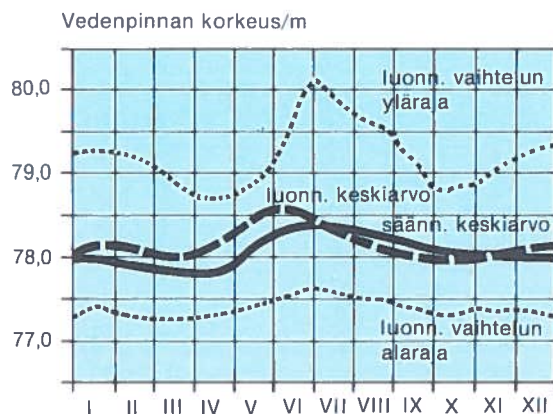
hankkeita tutkitaan ja ne suunnitellaan ja hoidetaan niin, että kaikki niin aineelliset kuin aineetomatkin osatekijät otetaan huomioon vastaamaan sekä tämän ajan että tulevien polvien tarpeita ja arvostuksia.

## SÄÄNNÖSTELYSANOJA

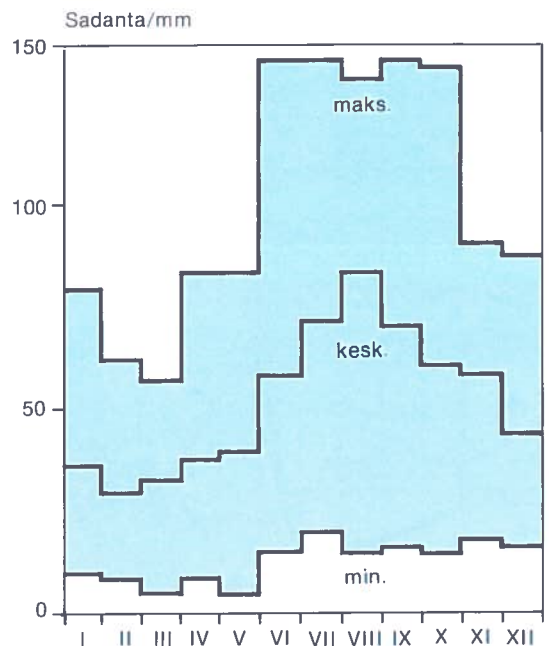
Vesistön säännöstelemisellä tarkoitetaan luonnonmukaisen vedenjuoksun muuttamista erilaisia tarpeita (voimatalous, vesihuolto, maankuivatus, vesiliikenne tms.) varten.

Säännösteleminen voi olla järven pitkäjänteistä vuosi- tai yli-vuotista säännöstelyä esimerkiksi tulvien ja vähänvedenkautien vedenvaihtelujen tasoitamiseksi. Se voi myös olla joen lyhytjänteistä vuorokausi- ja viikkosäännöstelyä eli säätöä voimatalouden tarpeita varten. Vesistön vedenjuoksun tilapäistä säännöstelemistä kutsutaan poikkeusjuoksutukseksi.

Vesistön säännöstelemisen tarve ja sen vaikutus luonnontilaan riippuvat olennaisesti vesistön järvisyydestä. Tätä kuvataan järviprosentilla  $L\%$ , joka on vesialueen osuus vesistöalueen eli sadealueen koko maa- ja vesipinta-alasta. ■



Päijänteen ( $L\% = 19,5\%$ ) luonnonmukainen ja säännöstetty vedenpinnan korkeus.



Sadantamäärät vaihtelevat suuresti eri kuukausina (Vuoksi).



# SUOMEN TULVAT

Esko Kuusisto

**"Wesi nousee yhä Saimaassa. Nytemmin se on noussut niin korkealle, että se rannalla asujain mielestä on sylen korkeammalla tawallista vuosinaista määräänsä."**

Näin kirjoitti Wiipurin Sanomat 4. heinäkuuta vuonna 1899. Hydrologian toimiston arkistosta voidaan tarkistaa, että "rannalla asujain" käsitys oli hieman liioiteltu. Saimaan vedenkorkeus oli tuona päivänä 116 cm yli ajankohdan normaalin.

Kuitenkin Saimaassa oli kehittä-

tymässä pahin niistä tulvista, jotka sisältyvät vuonna 1847 alkaneeseen vedenkorkeuden havaintosarjaan. Kun tulvahuippu saavutettiin 26. elokuuta 1899, oli ero keskivedenkorkeuteen 202 cm. Tämä on 21 cm yli havaintosarjan toiseksi korkeimman tulvahuipun.

Vuoden 1899 suurtulva, "valapaton tulva", herätti suuriruhtinaskunnan viranomaiset ymmärtämään hydrologisen tutkimuksen tärkeyden. Vuonna 1907 perustettiin hydrografinen toimisto, nykyisen vesihallituksen hydrologian toimiston edeltäjä.

## Viime vuosinakin rajuja tulvia

Myös aivan lähimenneisyydessämme on huomattavia tulvatilanteita. Viime vuosikymmenellä oli keskimääräistä rajumpia sulamisvesitulvia Pohjanmaalla keväällä 1971 ja 1977, Lapissa keväällä 1973 ja 1977. Etelä-Suomessa suuria kevättulvia muisteltaessa joudutaan menemään aina vuoteen 1966 saakka, jolloin erityisesti Uudenmaan ja Lounais-Suomen joet paisuivat vappuviikolla vuosisadan ennätyskorkeuksiin. Rajuja kesä- ja syystulvia oli Etelä-Suomessa ja Järvi-alueella vuonna 1974.

Keväällä 1981 oli Suomessa lunta enemmän kuin kertaakaan tällä vuosisadalla. Myös jokien jäät olivat huomattavan paksuja. Edellytykset ennätystulvalle olivat olemassa. Onneksi sulamiskausi kuitenkin jakaantui kahtia. Runsaita sateitakaan ei saatu. Niinpä tulvahuiput jäivät keski-suuriksi rannikkoalueella, mutta nousivat huomattaviksi Keski-, Itä- ja Pohjois-Suomessa. Vesi pysyi sisämaassa korkealla talven tuloon asti, sillä kesä ja syksy olivat erittäin sateiset.

## Miksi keväällä tulvii?

Suomen vesistöissä kevättulva on jokavuotinen ilmiö. Valtaosa talven aikana kertyneestä lumipeitteestä sulaa parin viikon aikana. Sulamisvedet valuvat ensin hangen läpi, kulkevat sitten maanpinnalla tai maaperässä kertyvät puroiksi ja muodostavat lopulta joen. Ellei vesistöissä ole järviä, tekoaltaita tai muuta va-



Kyrönjoen tulvaa keväällä 1984. Kuva Pertti Sevola.

rastotilaa, joki ei alempana mahdu normaaliin uomaansa. Tulva on syntynyt.

### **Tuhansia hehtaareita veden alla**

Normaalikeväänä syntyy Suomessa tulvajärviä useita tuhansia hehtaareita. Pahoina keväänä veden alla voi olla jopa 20 000 hehtaaria.

Jos nämä keväiset tulvajärvet kuivuvat nopeasti jäävät vahingot pienehköiksi. Kesällä tilanne on toinen: lyhytaikainenkin tulvajärvi peltomailla voi johtaa sadon menetykseen ja suuriin vahinkoihin.

### **Millä torjua tulvaa?**

Tunnetuimmat tulvien torjuntakeinot ovat järvien säännöstely, uomien perkaukukset sekä tekojärvien ja tulvapengerten rakentaminen. Teknisten toimenpiteiden ohella olisi kiinnitettävä huomiota vesistöalueiden maankäyttöön. Esimerkiksi laajat metsäojitukset ovat pahentaneet tulvatilanteita erällä vesistöalueilla.

Tehokkain tulvavahinkojen torjuntakeino on riittävä varautuminen tulviin. Useimpien suurehkojen järvien ylimmät vedenkorkeudet voi tarkistaa hydrologian toimistosta tai vesipiiristä. Tällä toimenpiteellä voidaan välttää riskiä, että vesi lainehtisi uudisrakennuksen lattialla.

### **Tulvan tuloa voidaan ennustaa**

Monissa maissa luotettavat tulvaennusteet ovat keskeisellä sijalla tulvavahinkojen torjunnassa. Suomessa tulvien ennustamiseen alettiin kiinnittää enemmän huomiota vasta 1970-luvun tulvien seurauksena.

Kuitenkaan tulvia ei voida tarkalleen ennustaa kuukausia etukäteen. Tulvat ovat säästä riippuvina tyypillinen luonnon satunnaisilmiö, jota ei voida monimutkaisellakaan mallilla täysin kuvata ja ennakoita.

Lähivuorokausien tulvatilannetta voidaan sen sijaan melko luotettavasti ennustaa.

Kevättulvien suuruus riippuu oleellisesti talven aikana kertyneen lumen määrästä. Kun tähän tietoon liitetään ennustuspäivää seuraavan viiden vuorokauden sääennuste, voidaan tulvan kehitys muutamia vuorokausia ennen ennustaa. ■

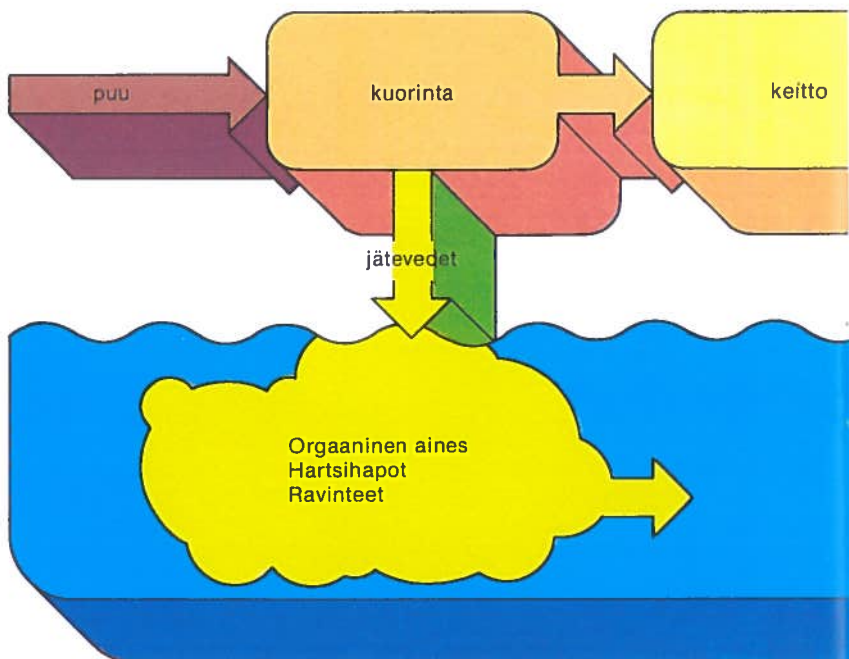
# **METSÄTEOLLISUUDEN JÄTEVEDET**

Tellervo Kylä-Harakka-Ruonala

**Kemiallisen metsäteollisuuden jätevedet ovat vesistöjemme suurimpia kuormittajia. Metsäteollisuuden jätevedet kuluttavat vesistöjen happivaroja, sillä ne sisältävät runsaasti orgaanista hajoavaa ainesta. Huolta aiheuttavat myös sellutehtaiden valkaisuvedet, joissa on ympäristölle haitallisia klooriyhdisteitä.**

Metsäteollisuudessa puuta keitetään, hiotaan, jauhetaan tai sahataan. Työssä tarvitaan vettä: sen avulla kuljetetaan aineita,

vedellä pestään, laimennetaan ja jäähdytetään. Puusta irtaavaa ja liukenee veteen puuainesta. Vesiin joutuu myös tehtaissa käy-





tettäviä kemikaaleja.

Osaa vettä voidaan kierrättää ja käyttää uudelleen. Osa joudutaan johtamaan jätevetenä vesistöön.

Kemiallisen metsäteollisuuden tuotteena on puumassa, josta valmistetaan paperia. Ensimmäiseksi puut kuoritaan veden avulla, jolloin veteen liukenee kuorta ja puuta. Kuorimon jätevedet ovat ruskeita, ja niissä on paljon happea kuluttavaa orgaanista ainesta. Haitallisimpia yhdisteitä ovat puun uuteaineet, hartsi- ja rasvahapot. Nämä ovat myrkyllisiä vesieliöille. Hartsihappoja myös kerääntyy kaloihin, jolloin ne tulevat pahanmakuisiksi.

### Valkaisussa syntyy klooriyhdisteitä

Kun valmistetaan sellua, kuorittu puu pilkotaan hakkeeksi, jonka jälkeen sitä keitetään kemikaalien kanssa. Keitto liuottaa puusta ligniiniä, jota ei haluta jäävän massaun. Keitossa syntyy jäteliöntä, joka sisältää keittokemikaaleja, pelkistyneitä rikkiyhdis-

teitä, ligniiniä sekä muita puusta lienneita yhdisteitä. Jäteliemi poltetaan.

Pesty selluloosamassa valkaistaan. Valkaisu poistaa ligniiniä, joka värjää massan ruskeaksi. Ligniini on monimutkainen kemiallinen yhdiste, joka muistuttaa rakenteeltaan luonnon humusta. Valkaisuun käytetään klooria. Kloorista ja puun ligniinistä syntyy klooriyhdisteitä, jotka joutuvat pääosin vesistöihin, sillä valkaisuvesiä ei käytetä kokonaan uudelleen. Kloori on syövyttävää, ja voisi vaurioittaa tehdaslaitteita.

Suurin osa klooriyhdisteistä on suurimolekyyllisiä ja rakenteeltaan monimutkaisia. Nämä klooriligniinit eivät ole vesieliöille myrkyllisiä, sillä ne eivät molekyylin suuren koon vuoksi pääse tunkeutumaan eliöiden soluseinämän läpi. Klooriligniinit voivat pilkkoutua pienemmiksi molekyyleiksi, joiden tiedetään olevan myrkyllisiä. Tällaisia ovat esimerkiksi kloorifenolit ja kloroformi. Yleisesti ottaen yhdiste on sitä myrkyllisempi, mitä enem-

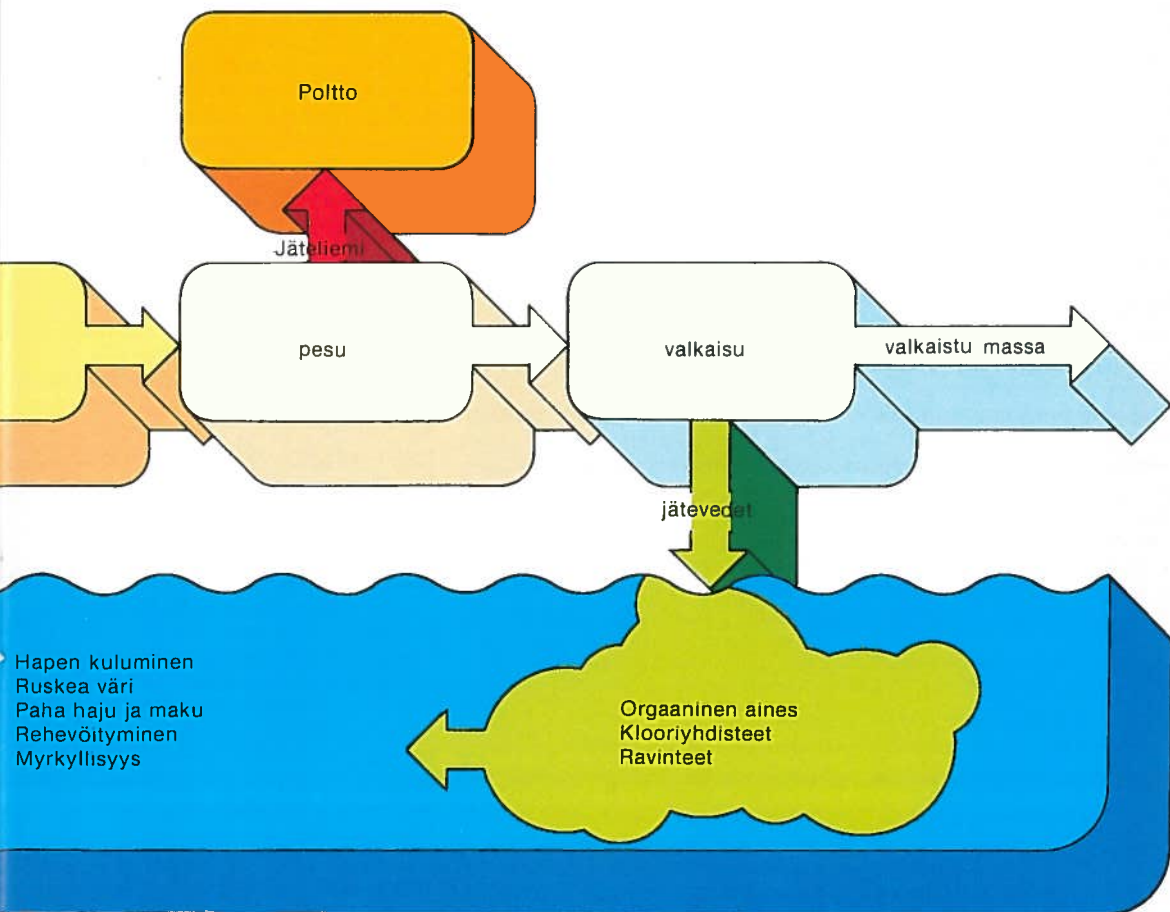
män siinä on klooria.

Jotkut klooriyhdisteitä voivat rikastua vesieliöihin. Jotkut on laboratorikokeissa todettu mutageenisiksi eli perinnöllisiä muutoksia aiheuttaviksi. Kloorifenolit samoin kuin hartsihapot antavat veteen ja kaloihin pahaa makua ja hajua.

### Myös muuta kuormitusta

Sellutehtaiden jätevesissä on ligniinin ja klooriyhdisteiden lisäksi myös yksinkertaisempia, luonnossa helposti hajoavia orgaanisia yhdisteitä kuten sokeireita, alkoholeja ja happoja. Nämä kuormittajat kuluttavat vesistöjen happivarjoja ja huonontavat esimerkiksi kalojen elinmahdollisuuksia.

Sellutehtaiden jätevesiin joutuu myös veteen liukenemattomia aineita kuten kuituja. Kuituja poistetaan mekaanisesti siivilöimällä ja laskeuttamalla. Vesistöön joutuessaan kuidut laskeutuvat pohjalle ja muodostavat haitallisia kuitupatjoja. Jätevesissä on myös rehevöittäviä ravinteita, fosforia ja typpeä. Niitä



ei lisätä prosesseihin, vaan ne ovat peräisin puuaineksesta.

**Enemmän mekaanista massaa**  
Puumassaa voidaan valmistaa myös mekaanisesti hirtämällä. Hiokekuitua valmistetaan hi-

omalla pyöreää puuta hiomakiveä vasten. Hierrekuuitua puolestaan valmistetaan hienonnetusta puusta, hakkeesta. Yleensä haketta lämmitetään ennen kuivuttamista (kuumahierre). Hake voidaan käsitellä myös kemialli-

sesti (kemihierre). Hierteiden valmistus on lisääntymässä.

Mekaanisia massoja ei valkaista kloorilla, joten haitallisia klooriliigniiniyhdisteitä ei synny. Hakkeen kemiallinen käsittely liuottaa puuaineksesta kuitenkin orgaanisia yhdisteitä, joiden kuormitus voi olla jopa suurempi kuin sellun valmistuksesta tuleva.

## PUUNJALOSTUSTEOLLISUUDEN KLOORIYHDISTEIDEN OSUUS PÄÄSTÖISTÄ

Jaakko Paasivirta

Kloorihiilivedyt, joita 1940-luvun jälkeen on tuotettu runsaasti, aiheuttivat aikoinaan hyönteismyrkkyinä käytettäessä suuria tuhoja tehokkaan viljelyn alueiden lintukannoille.

Sellun kloorivalkaisusta pääsee vesistöihin kloorihiilivetyjä, eniten kloroformia. Se ei kerry kaloihin juurikaan. Sitävastoin hiilitetrakloridi ja klooratut etyleenit, joita valkaisussa muodostuu vain vähän, ovat voimakkaasti kaloihin kertyviä. Kloorisymeenejä, myös valkaisun tuotteita, on toisinaan havaittu pieniä määriä sellutehtaan alapuolisen vesistön kaloista. Nämä voivat siis olla sellutehtaasta lähivesiin leviäviä, ympäristöstä eliöihin kerääntyviä kloorihiilivetyjä.

### Kloorifenolit ongelmana

Kloorifenoleita käytettiin saateollisuudessa aikoinaan puunsuojauksessa. Nykyään käytöstä ollaan luopumassa. Puunjalostusteollisuus tuottaa kuitenkin edelleenkin kloorifenoleja ympäristöönsä: niitä syntyy sellun kloorivalkaisussa.

Jo kloorifenolien käyttökohteista ilmenee niiden myrkyllisyys. Onhan puunsuojauksen tarkoitus juuri tuhota puuta pilaaivat mikrobit.

Vesiekosysteemin ravintoketjun eri tasoilla on kloorifenolien todettu ainakin jonkin verran rikastuvan. Lohista ja linnuista tehdyt mittaukset vahvistavat arviota, että kloorifenolit rikastuvat, joskin heikommin kuin kloorihiilivedyt.

Klooriyhdisteet ja erityisesti niiden metyyli johdokset aiheut-

tavat vesistöihin pahaa hajua ja makua, joka siirtyy myös kaloihin. Herkän analyysimenetelmän ansiosta pienetkin pitoisuudet ovat löydettävissä. Puhtaisa järvissä kloorifenoliyhdisteitä on noin 100 nanogrammaa (gramman miljardiosaa) litrassa. Sellutehtaan jätelemessä kloorifenoliyhdisteitä voi olla 5 000 kertaa enemmän.

Kloorifenoliyhdisteet ovat myrkyllisiä kaloille. Sellutehtaan päästöliemessä, jossa kloorifenoliyhdisteitä voi olla 0,5 milligrammaa litrassa, kalat eivät elä. Vesistössä pitemmälle kulkeutuneen ja laimentuneenkin jätelemien aiheuttamien kalakuolemien on epäilty olevan juuri kloorifenolien aiheuttamia.

Ihmiselle ei kalan syömisestä ei kuitenkaan ole myrkytysvaaraa.

Akuutti myrkyllisyys on kuitenkin vain osa ympäristömyrkyllisyydestä. Kloorifenolienkin on todettu ainakin jonkin verran aiheuttavan perimän muutoksia. Tällaiset mutageeniset aineet ovat yleensä syöpää synnyttäviä, ja siksi niihin on suhtauduttava vakavasti.

Sellun valkaisun kloorifenolipäästöt vähenevät prosessien paranemisen myötä. Sahalaitoksilla ollaan lopettamassa kloorifenolien käyttö puunsuojauksessa. Tämän jälkeen nämä mahdolliset ympäristömyrkyt uhkaavat Suomen vesistöjä lähinnä poltoista ilman kautta tulevana. Tämän saastumisen vaikutusta ei tarkemmin vielä tunneta; pitäisikö kuitenkin puhua kloorifenoliaseteesta? ■

### Paperin valmistus lisää kemikaaleja jäteveteen

Paperin valmistuksessa syntyvät jätevedet sisältävät puumasaa, kuituja ja paperin täyte- ja lisäaineita. Paperin päällystys- ja täyteaineet tekevät jätevedet harmaiksi ja sameiksi. Myös osa paperitehtailla käytetyistä kemikaaleista joutuu vesistöihin.

### Sahojen ongelmana torjunta-aineet

Sahoilla vettä käytetään puiden kasteluun. Keskeinen ongelma sahojen vesiensuojelussa on puutavaran suojauksessa käytetyt kemikaalit. Ne ovat myrkyllisiä, koska niiden tarkoituksena on pieneliöiden torjunta. Puutavaraa suojataan sinistymistä, lahoamista ja hyönteisiä vastaan. Jos toimitaan huolellisesti, luonnolle myrkyllisten aineiden pääsy vesistöihin voidaan estää.

### Haitat vähenemässä

Kemiallisen metsäteollisuuden jätevedet ovat edelleen vesistöjemme suurimpia kuormittajia. Eniten huolta aiheuttavat sellutehtaiden valkaisuvedet, joissa on monenlaisia klooriyhdisteitä. Orgaanisten klooriyhdisteiden syntymistä ja joutumista jätevesiin voidaan vähentää pienentämällä kloorin käyttöä. Kloorin tarvetta voidaan vähentää siten, että ennen kloorausta sellua keitetään pidempään (jatkettu keitto) tai sitä käsitellään ensin happella (happivalkaisu).

Jätevesien orgaanisen aineen määrää voidaan paljon vähentää käsittelemällä massa- ja paperitehtaidenkin jätevedet biologisessa puhdistamossa. Samalla vähenevät jätevesien myrkylliset ja pahanhajuiset aineet. Biologinen puhdistus yleistyykin Suomen metsäteollisuudessa. Vuoteen 1987 mennessä biologisia puhdistamoita on rakennettu yli puoleen puunjalostustehtaisiin. ■



# VESISTÖKUORMITUS JA VESIENSUOJELU

Kimmo Karimo

**Miten maamme on huolehtinut kansallisista rikkauksistaan, vesistöistä? 650 neliökilometriä järvistämme, yli 300 neliökilometriä rannikkovesistämme ja 2000 kilometriä joistamme on pilattu niin, että niiden veden laatu kelpaa vain toisarvoiseen käyttöön, jos niihinkään. Lähes kaikki rannikkomme jokivesistöt on perattu, suurjokemme on porrastettu voimalaitoksilla ja kolmasosa järvipinta-alasta on säännöstelty. Olemmeko suojelleet vesistöjämme?**

Vesien likaantuminen tiedostettiin maassamme ensimmäistä kertaa 1930-luvulla, kun teollisuus alkoi kehittyä. Toinen maailmansota ja sitä seurannut jälleenrakennuksen aika kuitenkin saivat unohtamaan vesien suojeleminen tarpeen. 1950-luvulla, kun yhteiskunnallinen toiminta jälleen vilkastui, lisääntyi myös vesistöjen likaantuminen.

1960-luvulla vesiensuojelutietous lisääntyi ja vesiensuojelutoimenpiteisiin ryhdyttiin tositoi-

min. Hyöty kuitenkin peittyi, sillä samanaikaisesti yhdyskuntien jätevesimäärät kasvoivat ja teollisuustuotanto lisääntyi. Esimerkiksi metsäteollisuuden vesistövaikutukset kasvoivat vesiensuojelutoimenpiteistä huolimatta. Vesiensuojelu ei vielä edes kohdistunut vesirakentamiseen.

Ympäristönsuojelun arvostus lisääntyi 1970-luvun alussa kautta maailman. Poikkeuksellinen taloudellinen nousukausi mahdollisti yritysten ja yhdyskuntien

tehokkaat vesiensuojelutoimet. Samalla yhteiskunta lisäsi taloudellisia tukitoimenpiteitään vesiensuojelun toteuttamiseksi.

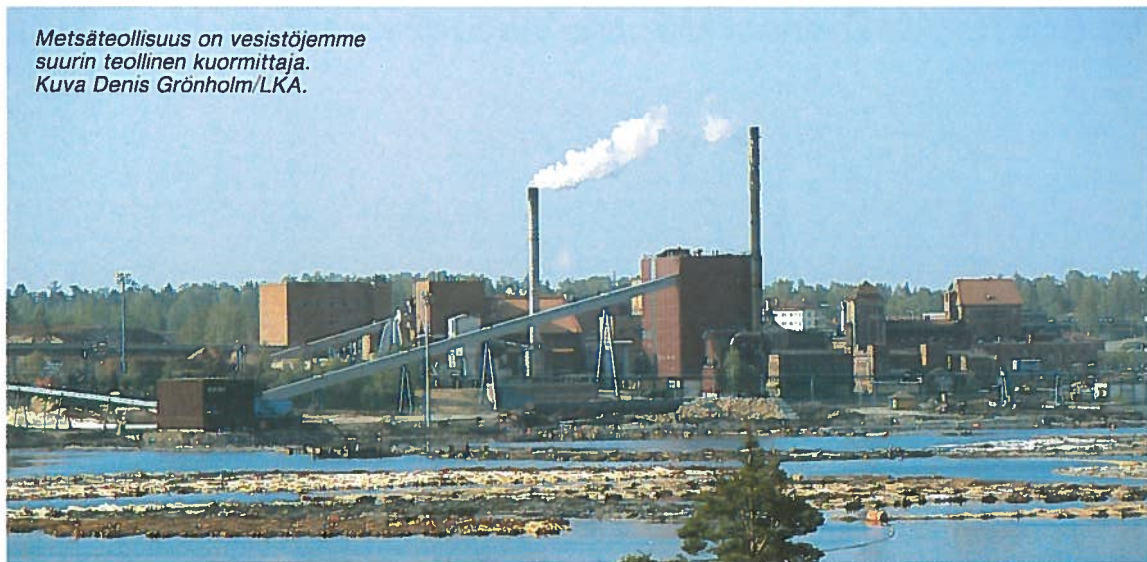
## Vesiensuojelun tavoitteet toteutumassa yhdyskunnissa

Maamme asukasluku kasvaa hitaasti. Väestö siirtyy entistä enemmän taajamiin ja tulee siten viemärlaitoksen piiriin. Viemäri-vesien käsittely on yleistynyt ja tehostunut: kun vuonna 1970 viemäriveristä käsiteltiin vain 50 %, käsitellään nykyisin 96 %. Samalla puhdistamojen teho on entistä parempi. Kymmenessä vuodessa yhdyskuntien viemäroity jätevesikuormitus on pienentynyt puoleen ja on nykyisin alle puolet 1970-luvun alun tasosta. Tämä on sitä merkittävämpää kun tiedetään, että en-



Vesistöihin rajautuvaa maanviljelystä Keravanjoen varrella.  
Kuva Juha Kylänpää/LKA.

*Metsäteollisuus on vesistöjemme suurin teollinen kuormittaja. Kuva Denis Grönholm/LKA.*



tista enemmän asukkaita on viemäröinnin piirissä.

Maassamme on noin tuhat kaatopaikkaa. Niillä muodostuu valuma- ja suotovesiä, joiden määrä, laatu ja haitallisuus vaihtelevat. Suurimman vaaran erityisesti pohjavesille aiheuttavat kaatopaikat, joihin tuodaan ongelmajätteitä. Pienillä kaatopaikoilla valumavesiä ei käsitellä lainkaan. Suurilla kaatopaikoilla on käytössä selkeytys-, suodatus- ja tasausaltaita.

#### **Teollisuus sijoitti vesiensuojeluun 1970-luvulla**

Myös teollisuudessa 1970-luku merkitsi voimakkaan tuotannollisen kasvun ohella myös vesiensuojelun toteuttamista. Metsäteollisuus, joka aiheuttaa valta-

osan vesistöjemme happea kulluttavasta kuormituksesta, on kannattavuussyistä lopettanut monia vanhoja, vesiensuojelun kannalta ongelmallisia laitoksia. Samalla on toteutettu jätevesien mekaaninen käsittely, parannettu prosessia sekä rakennettu biologisia puhdistamoja jätevesien käsittelyä varten.

Metsäteollisuuden jätekuormitus pienenikin erityisesti 1970-luvun alkupuolella. Tahti on sittemmin hidastunut, eikä edes vuodelle 1980 asetettuja tavoitteita ole vielä saavutettu.

#### **Muun teollisuuden kuormitus paikallista**

Maassamme on kolmisenkymmentä suurta kemian teollisuuden laitosta. Näistä öljynjalosta-

moilla on toteutettu kansainvälisesti korkeatasoiset suojelutoimenpiteet. Lannoite- ja klooritehtaiden vesiensuojelullinen tila on yleisesti arvioiden tyydyttävä. Maamme ainoan titaanidioksiditehtaan jätevesimäärät ovat erittäin suuret. Jätevedet sisältävät raskasmetalleja ja väkeviä happeja ja ne johdetaan mereen.

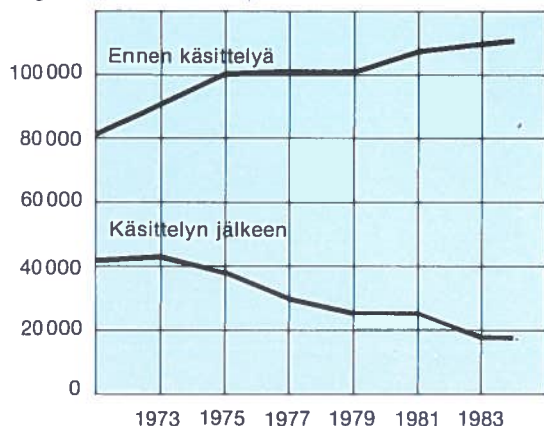
Elintarviketeollisuuden tehtaista valtaosa on liittynyt yleiseen viemäriin, ja niiden jätevedet puhdistetaan tehokkaasti. Kaivannais- ja metalliteollisuuden kuormitus on raskasmetalleita, öljyä ja syanideja. Prosessivesien kierrätyksellä ja prosessin sisäisillä muutoksilla on jätevesikuormitusta voitu rajoittaa.

Tekstiiliteollisuudesta valtaosa on liitetty yleiseen viemäriin,

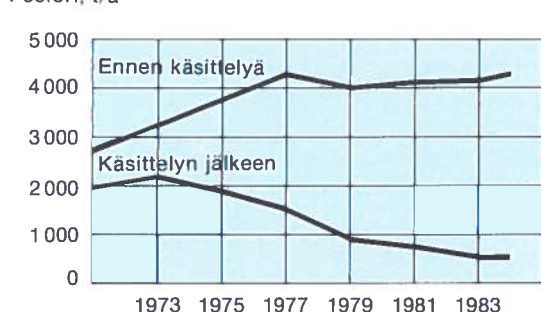
*Yhdyskuntien ja teollisuuden jätevesien orgaanisen aineen ja fosforin kuormituksen kehittyminen (vesihallitus 1985).*

#### **Yhdyskunnat**

Orgaaninen aines, BHK<sub>7</sub>, t/a



Fosfori, t/a





ja jäljellekin jääneet ongelmat ovat yleensä vähäisiä. Samoin nahkateollisuuden tilanne on merkittävästi parantunut viimeisen vuosikymmenen aikana, kun prosessivesiä on alettu kierrättää ja jätevesiä käsitellä biologisesti.

### Hajakuormituksen merkitys alkaa selvitä

Mitä tehokkaammin yhdyskuntien ja teollisuuden pistekuormitus on saatu kuriin, sitä merkityksellisemmäksi hajakuormituksen osuus on arvioitu. Hajakuormitus on kaikista muista lähteistä kuin viemärlaitosten jätevesistä ja luonnosta vesistöön joutuvaa kuormitusta.

Maatalous lannoittaa peltomaailmaa ohella myös vesistöjä ja aiheuttaa ravintetasen nousua ja siten rehevöitymistä. Karjatalousjätteiden puutteellinen hoito ja peltomaailman tehokas lannoitus kuormittavat vesistöjä laajalti. Ne voivat aiheuttaa haittaa myös pohjavesille. Tuorepainorehun puristuksesta aiheuttaa vesistöön joutuessaan äkillisen hapenkulumisen ja sen seurauksena kalakuolemia.

Maatalouden vesiensuojelu on tähän mennessä kohdistettu lantalojen rakenteiden sekä viljelymenetelmien oikeaan valintaan.

Metsäojitus ja turvetuotanto lisäävät vesistöjen kiintoainemäärää. Lisäksi metsien avohakkuut lisäävät merkittävästi ravinteiden huuhtoutumista vesistöihin. Maa- ja metsätaloudesta voi vesiin joutua myös torjunta-aineita. Myös elohopean ja

eräiden vesikasvien haitallisella esiintymisellä järvissä näyttää olevan yhteys metsäojitukseen ja turvetuotantoon. Metsätalouden puolella vesiensuojelutoimet ovat rajoittuneet metsäojitusten ja turvetuotannon kiintoainepäästöjen vähentämiseen.

Haja-asutuksen haitallisuus vesistöille johtuu ennen kaikkea happea kuluttavista jätteistä, ravinteista ja terveydellisistä riskeistä. Turkistarhaus on uusi ongelma erityisesti pohjavesien kannalta. Muita hajakuormituksen lähteitä ovat vesirakentaminen ja ilman kautta tuleva kuormitus. Viime aikoina on erityisesti happamoitumiseen kiinnitetty suurta huomiota.

### Kalankasvatus lisää ravinteita vesistöissä

Kalankasvatus on nopeasti laajentuva elinkeino. Se vaatii erittäin hyvälaatuista vettä. Laitokset ovatkin sijoittuneet toisaalta reittivesistöjen puhtaille latvavesille ja toisaalta meren rannikolle. Mitattuna vesistöön lasketun fosforin määrällä on kalankasvatus maamme toiseksi suurin teollinen kuormittaja heti metsäteollisuuden jälkeen. Kalankasvatuksen vesiensuojelutoimenpiteet ovat kehittymättömiä. Haittoja on pyritty vähentämään rehun laatuun ja kalan tuotantomäärään kohdistuvilla toimilla.

### Vesirakentamisen yhteydessä vesiensuojelu heikoilla

Voimalaitosrakentamisen ja jokivesistöjen tulva- ja uittoperkaus-

ten seurauksena vaelluskalojen, lohen, taimenen, vaellussiihan ja nahkiaisen luontaiset kannat ovat tuhoutuneet. Esimerkiksi rapukannat ovat monin paikoin hävinneet. Myös maisemalliset muutokset ovat hyvin kielteisiä. Säännöstely on muuttanut järvien luonnontalouden, jolloin vesistöjen kalataloudellinen ja luonnonsuojellusarvo on heikentynyt. Veneily, kalastus ja rantojen käyttö on vaikeutunut.

Vesirakentaminen on aiheuttanut peruuttamattomia haittoja vesistöille. Haittojen poistaminen on vaikeaa, sillä rakentamisen asema on jo historiallisesti hyvin suojattu sekä vesilaissa että valtion hallinnossakin. Vesien suojeleminen toteutuukin vesirakentamisen yhteydessä heikommin kuin jäteveden laskuasiossa.

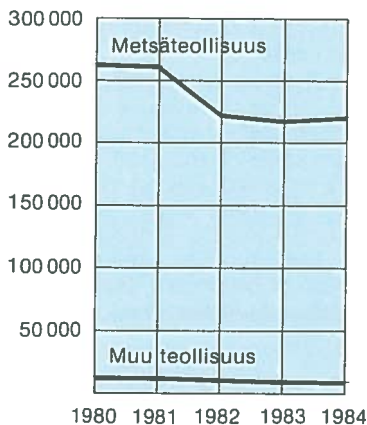
### Tulevaisuuden vesiensuojelutavoitteet

Vesiensuojelun tarve riippuu suojelun tämän hetken tasosta, vesistön ominaisuuksista ja siihen kohdistuvista arvostuksista. Vesistö voi olla erityisesti suojeltava, vedenhankintavesistö, arvokas kalavesi tai taajaman lähivirkistysalue. Vesiensuojelutoimien suuntaaminen tarpeen mukaan tuottaa parhaan vesiensuojeluhyödyn.

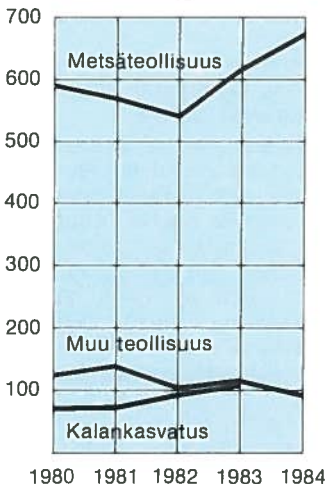
Yhdyskuntien vesiensuojelu on kaikissa tapauksissa säilytettävä ainakin nykyinen taso, jolloin keskitytään huolehtimaan puhdistuskapasiteetin riittäväyydestä ja laitosten käytön hoidosta. Viemäriverkostojen kunnos-

#### Teollisuus

Orgaaninen aines, BHK<sub>7</sub>, t/a



Kokonaisfosfori, t/a



# REHEVÖITYMINEN

Pertti Heinonen

tus on yksi keskeisimmistä vesiensuojelutoimista, joka merkitsi vuosittain 250 miljoonan markan sijoituksia. Viemäriin tulevat hule- ja vuotovedet ylikuormittavat kuitenkin puhdistamoja erityisesti tulva- ja sadeaikoina.

Lisäksi niissä tapauksissa, missä vesiensuojelutarve on kohtalainen tai merkittävä, olisi jätevesipuhdistuksen tehoa nostettava tarvetta vastaavaksi. Nämä toimenpiteet lisäävät vuotuisten investointien määrää 150 — 100 miljoonalla markalla.

Metsäteollisuuden vuotuiset investoinnit nousisivat runsaan 200 miljoonan markan tasolle, jos ensi vuosikymmen vesiensuojelutoimenpiteet mitoitetaan tapauskohtaisen harkinnan mukaan. Myös muun teollisuuden vesiensuojelua tulee toteuttaa tapauskohtaisen tarpeen edellyttämällä tavalla.

Hajakuormitukseen on kohdistettava entistä enemmän huomiota. Karjatalouden ohella tehokkaita vesiensuojelutoimenpiteitä tarvitaan myös peltoviljelyssä. Tätä voidaan edistää vesilain kehittämisen sekä valvonnan ja neuvontatoiminnan avulla. Metsätaloudessa ja turvetuotannossa vesiensuojelutoimenpiteitä on tehostettava olennaisesti nykyisestä.

Kalankasvatusta on ohjattava vesien käytön ja suojelun kannalta hyväksyttävämille alueille kuin nykyään. Myös kuormitusta vähentäviä ratkaisuja on kehitettävä.

Vesirakentamisen olisi sopeututtava tämän hetken arvostuksiin ja tarpeisiin. Toteutettujen rakenteiden osalta on haittoja vähennettävä. Säännöstelyä on muutettava nykytarpeiden mukaiseksi. Uusien vesirakennushankkeiden on perustuttava todelliseen tietoon niiden luonnon- ja taloudellisista vaikutuksista sekä yhteiskunta-, alue- ja yrittäjä- ja taloudellisista hyödyistä ja haitoista. Vesirakennushankkeet on toteutettava mahdollisimman hyvin luontoon sovitteen.

Pohjavesien suojelussa on tavoitteena parantaa tietoa pohjavesistä ja niiden laatua vaarantavista toiminnoista. Valvontaa on tehostettava ja lainsäädäntöä kehitettävä mm. parantamalla pohjavesiä koskevia suoja-alue-säännöksiä. ■

**Rehevöityminen on yleisin vesistöjemme muutosilmiö. Sen vaikutukset näkyvät lähiympäristössämme. Monet vertaavat nykyistä tilannetta entisiin, hyviin aikoihin. Ennen eivät kesä-mökin rantakivet olleet liukkaita tai limaisia. Rannat ovat kasvaneet umpinaiseksi kaislikoksi. Ongellakaan ei saa enää muita kuin särkiä. Mikä on rehevöitymisen syy, sen laajuus ja millaisia haittoja se aiheuttaa?**

Rehevöityminen on vesistön tuotannon kasvamista. Vesistössä syntyy uutta ainetta enemmän kuin ennen samalla tavoin kuin peltoa lannoitettaessa saadaan suurempi sato.

Puhtaat, luonnonalaisetkin vesistöt rehevöityvät, tosin niin hitaasti, että ihmisikä ei riitä sen huomaamiseen. Ihmisen toimenpiteet vauhdittavat rehevöitymistä.

## **Valo ja ravinteiden määrä säätelevät kasvua**

Vedessä elävien kasvien kasvuun vaikuttavat monet tekijät: lämpö, valo ja ravinteiden määrä. Samalla tavalla pellon, metsän tai puutarhan tuotos on riippuvainen ympäristöoloista. Talvella valoa on vähän. Vesistön perustuotantokin on tällöin vähäistä, sillä ilman valoa eivät lehtivihreälliset kasvit voi yhteyttää eikä uutta kasviainesta synny.

Kesällä valoa ja lämpöä on yleensä riittävästi. Tällöin vesistön perustuotantoa säätelee ra-

vinteiden määrä. Fosfori on sisä-vesissä tärkein kasviraavinne. Fosfori määrää tuotannon tason ja on sen rajoittavana tekijänä, ns. minimiravinteena. Fosforin merkitys korostuu varsinkin silloin, kun järvi on aloittamassa rehevöitymiskehitystään. Typen määrä rajoittaa kasvua erityisesti saviseutujen vesistöissä ja toisaalta pitkälle rehevöityneissä vesistöissä.

## **Miten rehevöityminen näkyy kasvussa?**

Rehevöitymisen syynä on vesistön ravinnepitoisuuden kasvu. Nopeimmin se vaikuttaa mikroskooppisiin eliöihin, jotka kasvavat rantavyöhykkeen vedenalaisilla pinnoilla: kivillä, laitureilla, kasvien varsilla. Pintakasvuston lisääntyminen aiheuttaa rantojen limottumisen tunnun. Limottunut uimaranta on epämiellyttävä.

Jos rehevöityminen jatkuu, myös muut kasvustot voimistuvat. Suurten rannoilla kasvavien



den myötä. Ne muodostavatkin erittäin rehevissä järvissä ainoan hyvän seurantakohteen, jonka avulla järven kehitystä voidaan tarkkailla. Muut kasvustot, esimerkiksi kasviplanktonin määrä, menettävät valon vähyyden vuoksi rehevyyden ilmentäjäarvonsa.

### Mihin rehevöityminen johtaa?

Rehevöityminen johtaa vesistön orgaanisen aineksen määrän kasvuun. Samalla lisääntyvät ne mikrobit, jotka hajottavat kuollutta orgaanista ainesta. Hajoaminen on samanlainen ilmiö kuin palaminen, ja se vaatii happea.

Vesistöissä happea on rajoitusti. Mikrobin kiihtyvä hajotustoiminta kuluttaa vesistön happivarjoja. Happi loppuu ensimmäisenä pohjan läheisistä vesikerroksista ja pohjan pinnalta. Nämä kerrokset eivät yleensä saa happitäydennystä ilmasta kuten pinnan lähellä oleva vesi.

Hapen väheneminen on haitallista kasveille ja eläimille, jotka tarvitsevat happea elääkseen. Runsashappista vettä suosivat kalalajit katoavat. Niiden jättämän tilan täyttävät lajit, jotka tulevat toimeen vähemmällä hapella.

Jos happi kuluu olemattomiin, se vaikuttaa luonnollisesti kasvistoon ja elämistöön. Hapettomat olot muuttavat myös vesis-

tön kemiallisen laadun. Jos happitilanne on hyvä, pohjan lähellä oleva ravinteet sitoutuvat pohjakerrostumiin. Hapettomissa oloissa ravinteet vapautuvat veteen. Rehevöityminen kiihtyy entisestään.

### Ihminen rehevöittää vesistöjä

Viemäroidyn asutuksen jätevesien mukana kulkeutuu vesistöihin veden "puhdistuksen" jälkeinkin edelleen noin 700 tonnia fosforia vuosittain. Teollisuuden jätevesien kuormitus on noin 650 tonnia. Myös kalankasvatus on merkittävä kuormittaja (fosforikuormitus 90 tonnia vuosittain). Kalankasvatuksen vaikutusten merkityksellisyyttä korostaa se, että laitokset on sijoitettu puhaintimpien vesistöjen äärelle. Tulvaisuudessa ei turvetuotantoakaan voida unohtaa rehevöittäjiä lueteltaessa.

Selvästi osoitettavien kohteiden rinnalla on mainittava hajakuormitus. Se on selvästi ihmisen toiminnasta johtuvaa, mutta purkautuu vesistöihin lukemattomia eri reittejä. Hajakuormitusta aiheuttavat mm. haja-asutus sekä maa- ja metsätalous. Myös ilman kautta leviää ravinteita ja muita aineita vesistöihin.

Hajakuormituksen tarkka mitaaminen on vaikeaa. Koko maamme hajakuormituksen määräksi on arvioitu 2000 tonnia fosforia vuodessa. Se on enemmän kuin koko maan piste-kuormitus kokonaisuudessaan.

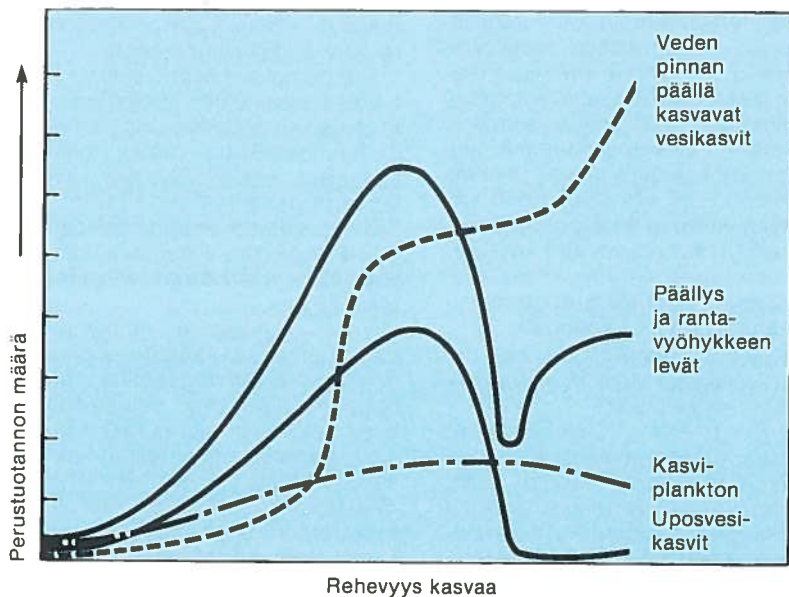
### Miten rehevöitymistä voidaan hillitä?

Fosforipäästöjen vähentäminen on ainoa keino hillitä etenevää vesistöjemme rehevöitymistä. Asumajätevesien puhdistus on jo varsin tehokasta, eikä niiden aiheuttamaa kuormitusta saada enää kovinkaan paljon vähennettyä. Hajakuormituksen fosforimäärien vähentäminen on varmasti mahdollista esimerkiksi maatalouden menetelmien uudistamisella. Metsätalouden tehostuminen mm. Metsä 2000-ohjelman myötä lisää vesistöjen ravinnekuormitusta, kun ojituksia tehdään enemmän ja metsälannoitus lisääntyy.

Voimakkaita toimia ravinnekuormituksen vähentämiseksi tarvitaan. Se on joka tapauksessa varmaa, että rehevöitymiskihityksen hidastaminenkin on kallista. ■

vesikasvien määrä voi kasvaa haitaten jopa liikkumista. Itse vesikin voi saada rehevyyttä ilmentävän vihertävän värin. Tämä johtuu mikroskooppisten levien runsastumisesta. Pahoin rehevöityneen järven vesi voi loppukesästä muistuttaa leväpuuroa.

Myös ilmaversoisten kasvien kasvustot tuuhenevat rehevyy-



Eri tuottajaryhmien määrät muuttuvat, kun veden rehevyys kasvaa. (Lähde: Wetzel & Hough 1973).

# HAPPAMOITUMINEN UHKAA VESISTÖJÄMME

Kjell Weppling

**Vesistöjen happamoituminen havaittiin Ruotsissa jo 1960-luvulla. Tänäpä ongelma koskee yhä kouriintuntuvammin myös meitä. Meillä on happamoituneita vesistöjä yhtä paljon kuin naapurimaassammekin.**

Vesistöt happamoituvat joko ilmansaasteiden tai voimaperäisten maankuivatustoimenpiteiden vuoksi.

Ilman kautta kulkeutuvat happamoittavat aineet ovat fossiilisten polttoaineiden kuten öljyn ja kivihiilen palamisen yhteydessä syntyviä rikki- ja typpiyhdisteitä. Kaukokulkeutuminen on tehnyt happamoitumisesta kansainvälisen ja vaikeasti ratkaistavan ympäristöongelman.

Rikkipitoisilla mailla olevat vesistöt voivat happamoitua myös kuivaamisen yhteydessä. Tällaisia ongelmallisia alueita on länsirannikollamme, jossa runsasrikkisten alunamaiden osuus on suuri. Vanhan merenpohjan rikki on normaalisti lähes neutraalissa muodossa. Kuivauksen yhteydessä rikkiihdisteet hapettuvat. Alunamailta valuvat kuivatusvedet voivat tästä johtuen olla jopa kymmenen kertaa happamampia kuin hapan sade. Monet kala-kuolemat kuivatusalueiden alapuolisissa vesistöissä ovat happamien rikkiihdisteiden aiheuttamia.

## **Veden laatu muuttuu happokuormituksen myötä**

Vesistö saa vetensä sitä ympäröivältä maa-alueelta. Näin vesistö ja sen valuma-alue muodostavat kokonaisuuden. Valuma-alueen maaperän laatu vaikuttaa vesistön veden laatuun. Valuma-alueen ominaisuudet vaikuttavat ratkaisevasti myös vesistöön kohdistuvan happamoitumispaineen suuruuteen.

Karu, moreenipohjainen maa ei kykene neutraloimaan valunnan happokuormaa. Suomalai-

nen maaperä on tyypillisimmillään karua ja moreenipitoista. Meillä on vähän kalkkipitoisia maita, joiden kyky neutraloida happohyökkäystä on suurempi.

Kun valuma-alueen maaperä ei kykene neutraloimaan happoja, ne valuvat vesistöön. Vähitellen vesistön veden laatu muuttuu. Sen ionitasapaino järkkyy, kun vesistön kyky neutraloida happoja heikkenee olemattomiin. Happamuusastetta kuvaa pH-arvo pienenee.

Happamoituneessa vesistössä on runsaasti metalliyhdisteitä, joita hapan vesi liuottaa ympäröivän alueen maaperästä ja kuljettaa vesistöön. Monet metalleista ovat happamissa oloissa myrkyllisempiä kuin neutraaleissa oloissa, sillä ne ovat liukoisessa muodossa. Pohjakerrrostumista liukenee yhä enemmän metalleja, esimerkiksi alumiinia veteen. Vesiekosysteemin tuotannon kannalta tärkeä ravinne, fosfori, sen sijaan sitoutuu vaikealiukoiseen muotoon, jollaiseen kasvit eivät voi sitä käyttää.

## **Happamoituminen muuttaa ekosysteemin toiminnan**

Vesistön happamuuden raju lasku vaikuttaa kaikkiin ekosysteemin osatekijöihin.

Muuttunut elinympäristö muuttaa vesistön eliöryhmien lajikoostumuksen. Monet vesistöissämme normaalisti yleisinä esiintyvät leväryhmät katoavat kokonaan. Lajilukumäärä pienenee, vaikka eräät lajit selviytyvätkin muita paremmin happamissa oloissa.

Rantavesissä kasvavien suurvesikasvienkin lajisto muuttuu.

Happamoituneissa vesissä menestyvät erityisesti rahkasammat, jotka voivat peittää laajoja pohja-alueita monien muiden vesikasvien kustannuksella. Rahkasammat ovat erittäin kilpailukykyisiä happamoituneissa vesissä samoin kuin eräät rihmallevätkin.

Monet selkärangattomat, kotilot, simpukat ja äyriäiset, vähenevät jo happamoitumisen alkuvaiheessa. Pahasti happamoituneissa vesistöissä selkärangattomien lajimäärä on huomattavan vähäinen.

Vesistön happamoitumisen vaikutukset havaitaan tavallisesti vasta kalaston muuttumisen myötä. Monet kalalajit eivät juurikaan siedä veden happamuuden lisääntymistä. Kyseessä saattaa olla suolatasapainon säätelyvaikeuksista johtuva stressi, kohonneiden metallipitoisuuksien aiheuttama myrkytys tai ravinnon saannin vaikeutuminen. Usein kyse on monen tekijän yhteisvaikutuksesta.

Happamoituminen häittää erityisesti vesieliöiden lisääntymistä. Nuoruusvaiheet eivät selviydy happoshokista, vaikka täysikasvuiset selviytyisivätkin. Tilannetta pahentaa se, että happamuushaitat ovat pahimmillaan kevättulvan ja syyssateiden aikana eli juuri tärkeimpänä lisääntymisaikana.

Vesiekosysteemin toimivuuden kannalta välttämätön orgaanisen aineksen hajoaminen on happamoituneessa vesistössä hitaampaa kuin luonnontilaisessa vesistössä. Ravinteiden kiertokulku estyy, ja vesistö kehittyy entistä karummaksi. Hajotuksen tehostomuus happamoituneessa vesistössä voi johtua kariketta pilkkovien selkärangattomien vähenemisestä, pohjia peittävästä rahkasammalmatosta sekä hajottajayhteisön muuttumisesta sienivaltaiseksi. Sieni-



*Happamoitumisen nykytilanne Skandinaviassa. Viivatuilla alueilla Norjassa ja Ruotsissa valtaosissa järvis-  
tä pH-arvo on 5—6, mustilla alueilla  
pH-arvo on alle 5.*



*Suomessa kartalle on merkitty ne  
vesihallituksen vedenlaaturekisteris-  
tä löytyvät havaintopisteet, joissa  
pintaveden minimi-pH on jakson  
1975—84 aikana ollut alle 5 (Suo-  
men osalta kartta perustuu vesihalli-  
tuksen julkaisemattomaan aineis-  
toon, jota on täydennetty alunamaa-  
vyöhykkeen osalta).*

rihmastot ovat hitaampia hajot-  
tasia kuin bakteerit.

#### **Mitä voimme tehdä?**

Ainoastaan rikki- ja typpipäästö-  
jen voimakas kansainvälinen su-  
pistaminen tuo lopullisen ratkai-  
sun happamoitumisongelmaan.  
Kesällä 1985 tehtiin kansainväli-  
nen sopimus, jossa sovittiin  
päästöjen supistamisesta 30

prosentilla vuoteen 1993 men-  
nessä. Tämä on askel oikeaan  
suuntaan, joskin riittämätön toi-  
menpide happamoituneiden ve-  
sistöjen pelastamiseksi.

Happamoituminen on tulevai-  
suuden ongelma monissa vesis-  
töissä, sillä täydellisiin päästöra-  
joituksiin ei päästä nopeasti.  
Myös rikkipitoisten maiden kui-  
vatukset jatkuvat.

Ruotsissa ja Norjassa happa-

moituneita vesistöjä kunnoste-  
taan valtion tukeman kalkitustoi-  
minnan avulla. Tällä tavalla halu-  
taan auttaa uhanalaisia vesistö-  
jä taistelussa happamoitumista  
vastaan, kunnes riittävät pääs-  
törajoitukset tulevaisuudessa  
saavutetaan. Runsaan kymme-  
nen vuoden aikana kertyneisiin  
kalkituskokemuksiin ollaan naa-  
purimaissamme erittäin tyytyväi-  
siä. ■

# MITEN VEDEN LAADUN MUUUTTUMISTA VOIDAAN ENNUSTAA?

Kari Kinnunen

**Perinteinen vesistötutkimus kuvailee veden laatua sekä vesistön fysikaalisia ja biologisia ominaisuuksia. Nykyaikainen vesistötutkimus painottaa määrällistä, ainevirrat huomioivaa tutkimusta. Samalla tarvitaan yhä enemmän useiden tieteenalojen yhteistyötä.**

Nykyaikainen vesistötutkimus käsittelee vesistöjä kokonaisuuksina. Se huomioi sekä vesistön itsensä että sen valuma-alueen ja ilmaston vaikutukset vesistöön. Tutkimus etsii tarkkoja ja määrällisiä yhteyksiä veden laadun ja siihen vaikuttavien ulkoisten tekijöiden välillä. Tämä edellyttää sekä vesistön veden laadun tutkimista että siihen tulevien ja siitä poistuvien ainevirtojen hallintaa. Tietojen pohjalta voidaan kehittää malleja, jotka ennustavat veden laadun muutokset, jos jokin ulkoinen tai sisäinen tekijä muuttuu.

## Vedenlaatumalli ennustaa

Veden laadun ennustemallit kuvaavat matemaattisesti vesistön tapahtumia ja niihin vaikuttavien ulkoisten tekijöiden välisiä suhteita.

Kaikki mallit perustuvat aineen häviämättömyyden lakiin. Malleissa lasketaan ainetaseita: kuinka paljon tutkittavia aineita tulee vesistöön ulkoapäin, kuinka paljon niitä on siellä ennestään ja kuinka paljon niitä poistuu. Yksinkertaisimmillaan malli on matemaattinen kaava ilmiöiden välisistä tilastollisesti todennetuista yhteyksistä.

## Rehevyystaso voidaan ennustaa

Esimerkkinä tilastollispohjaisesta mallista on Suomessa kehitetty fosforin pidättymisen malli. Sen avulla voidaan ennustaa järven keskimääräinen fosforipitoisuus, kun tunnetaan järveen tulevan veden virtaama ja sen fosforipitoisuus sekä se, kuinka

kauan vesi keskimäärin viipyy järvessä.

Koska järven fosforipitoisuuden ja rehevyyden välillä on selvä yhteys, voidaan mallilla ennustetun fosforipitoisuuden avulla arvioida järven rehevyys, kun sinne johdetaan fosforia sisältäviä jätevesiä. Kyseinen ennustemalli on useissa tapauksissa varsin käyttökelpoinen ja riittävän tarkka vesiensuojelullisen päätöksenteon apuväline.

## Malli jäljittelee vesiluontoa

Monimutkaisempi malli tarvitsee lähtökohdakseen ainetaseet, mutta lisäksi siinä jäljitellään vesiluonnon ilmiöitä. Mallilla kuvataan tiettyjen tapahtumien nopeutta sekä niiden vaikutusta veden laatuun.

Happimallisissa jäljitellään orgaanisen aineksen hajoamisen ja vesistön pohjan vaikutusta hapen kulumiseen vesistössä. Malli ottaa huomioon myös sen, että happivarastot täydentyvät ilmakehästä avovesiaikana.

## Tarkin malli on kolmiulotteinen

Kolmiulotteinen vedenlaatumalli on monimutkainen, mutta sillä voidaan laskea aineiden pitoisuuksia sekä syvyysuunnassa että tutkittavan vesistön eri osissa. Tällaisessa mallissa saattaa olla satoja yhtälöitä, jotka ovat ainakin osittain toisistaan riippuvaisia.

Kolmiulotteisten mallien käyttöä rajoitti pitkään tietokoneiden kehittymättömyys. Nykyisellä tietotekniikan aikakaudella tämä ei ole enää ongelmana. Malleja ei kuitenkaan enää saada tarkem-

miksi sillä vaikka kuvailevaa tutkimusta on tehty kauan, puuttuu edelleen riittävän yksityiskohtainen tieto vesiluonnon monista tapahtumista.

## Mitä malleilla voidaan ennustaa?

Vesistöjen tavanomaisimpia kemiallisten aineiden pitoisuuksia pystytään nykyisillä malleilla ennustamaan melko tarkasti. Edellytyksenä on kuitenkin, että kohdevesistön veden laatu ja ainetaseet tunnetaan hyvin.

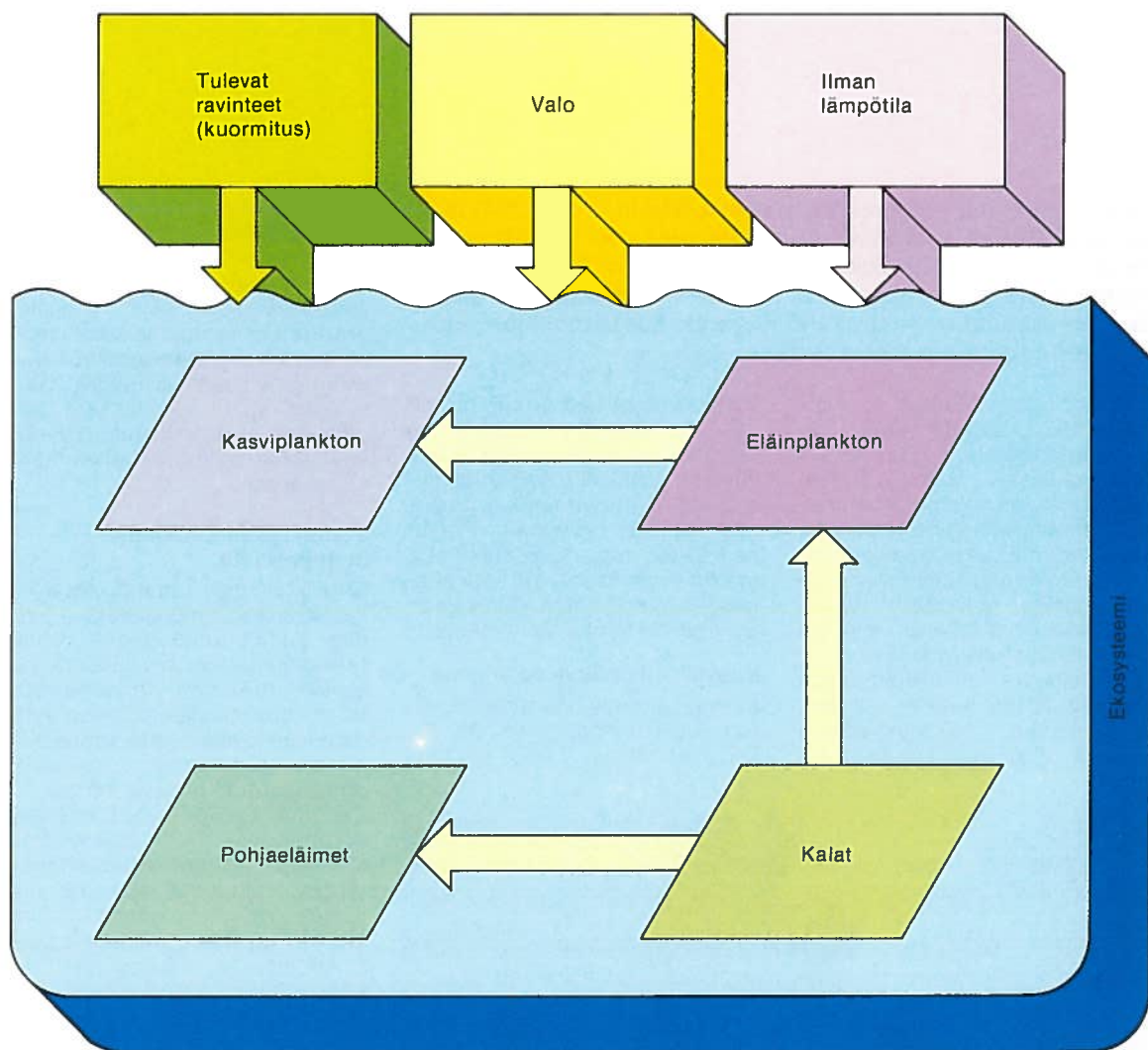
Vesiluonnon tapahtumia sen sijaan ei pystytä vielä luotettavasti ennustamaan. Vielä ei tietokone kerro, miten kasvit tai eläimet lisääntyvät tai vähenevät, kun vesistöön lasketaan X litraa jätevettä. Eliöryhmien vuorovaikutukset ovat myös niin vaikeita ja monimutkaisia tapahtumia, ettei niitä pystytä mallintamaan.

Suomessa on kehitetty monimutkaisia vesiekologisia malleja, joissa otetaan huomioon veden virtaukset vesistössä. Mallien avulla kyetään melko luotettavasti ennustamaan fosforin lisäksi eräiden muiden ravinteiden määriä sekä kasviplanktonlevästön kokonaismäärän vaihteluita.

## Mallit apuna vesiensuojeluratkaisuissa

Esimerkkinä mallien hyödyntämisestä ovat jokivesistöjen happimallit. Ne laskevat joen happipitoisuuden eri virtaamatilanteissa, kun vesistöön lasketaan hapetta kuluttavia jätevesiä. Jokivesistölle voidaan määrittää hapen tavoitepitoisuus. Sen jälkeen mallilla lasketaan jätevesipitoisuus, jonka vesistö kestää happipitoisuuden alenematta alle tavoiterajan. Tulosta voidaan käyttää vaikkapa jätevesiä laskevan tehtaan lupaehdoista päättäessä. ■





Ulkoinen  
muuttaja



Prosessi



Tilamuuttaja

*Mallin rakentamisessa ekosysteemiin vaikuttavat tekijät jaetaan ulkoi-  
siin ja tilamuuttujiin sekä prosessei-  
hin.*

# VESISTÖTUTKIMUSTA SATELLIITISTA

Jouko Raitala

**Laajojen vesialueiden kuten meren tutkiminen on työlästä ja kallista, jos se tehdään perinteisin menetelmin, ottamalla vesinäytteitä. Satelliittikuvien käyttö apuvälineenä auttaa luomaan yleiskuvan alueesta, paikantamaan ongelma-alueita ja seuraamaan muutoksia. Kuva on havainnollinen, kunhan sen tulkinnassa onnistutaa.**

Landsat-rekisteröintejä on vuodesta 1972 käytetty geo- ja ympäristötieteellisten kohteiden tutkimuksessa. Satelliittikuvien erotuskyky on noin puoli hehtaaria. Samalla kertaa otetaan neljä rekisteröintiä: yksi ilmaisee keltaisen ja vihreän kirkkauden, toinen punaisen ja kaksi muuta infrapunasaiteilyn määrän, joka on ihmismallille näkymätöntä.

Vesialueilta satelliittiaineisto sisältää tietoa kunkin aallonpituuskanavan näkösyvyydestä saakka. Vihreät ja keltaiset sä-

vyt sisältävät tietoa noin metrin tai korkeintaan muutaman metrin syvyydeltä suomalaisista vesistä. Kirkkailla valtamerialueilla ne ulottuvat jopa kymmenien metrien syvyyteen. Punainen säteily tulee tavallisesti alta metrin syvyydestä. Infrapunakanavat antavat tietoa vain vajaan kymmenen sentin syvyydestä.

## Kasvillisuus näkyy selvimmin

Infrapunakanavat sisältävät tietoa veden pinnan laadusta. Ne kertovat myös, onko pinnalla

kasvillisuutta. Myös sameus ja runsas leväkasvillisuus näkyvät infrapunakanavilla.

Kasvillisuudesta voidaan heijastusominaisuuksien avulla erottaa elomuotoja ja kasvustoja. Ilmavaroiset heijastavat infrapunaisia aallonpituuksia paremmin kuin kelluslehtiset tai upos- ja pohjalehtiset. Tiheät kasvustot heijastavat enemmän kuin harvat.

## Veden laadun tarkkailu ongelmallista

Satelliittikuvien mahdollistama kaukokartoitusmenetelmä veden laadun tutkimisessa vaatii tuekseen paljon perustietoa ja kuvien tulkinnan tarkentamista. Landsat-aallonpituuskaistat ovat liian leveitä, jotta saataisiin aikaan vain tiettyä vesialueen ominaisuutta kuvaava kartta.

Eri ilmiöt sekoittavat toistensa kartoitettavuutta. Esimerkiksi humuksen ja jätevesien aiheuttama vaikutusta kuvassa on vaikea ja usein mahdotonkin erottaa toisistaan. Ohutkin kelluslehtinen kasvillisuus saa aikaan saman vaikutelman kuin samentunut vesi.

## Hailuoto tutkimuskohteena

Hailuodon merialue tarjoaa hyvän esimerkkikohteen, johon voidaan soveltaa satelliittikuvien käsittelytekniikkaa ajankohdasta toiseen tapahtuvien muutosten paikantamiseksi ja jatkossa myös niiden seuraamiseksi.

Perämeren vedenkorkeus vaihtelee avovesikautena pääasiassa tuulien vaikutuksesta. Vedenkorkeuden vaihtelut yhdessä maankohoamisen kanssa



Yhdistelmä kahta eri vedenkorkeutta edustavasta satelliittikuvasta ilmaisee tummimmalla ne alueet, joissa muutokset syvyyssuhteissa ja ranta-alueilla ovat voimakkaimmat. Valkoisena yhtenäisenä alueena näkyvät Hailuodon kaakkoisosan Riisinnokka ja Tömpä. Kuvassa keskeinen vesialue on Isomatala.



vaikuttavat tiettyä vedenkorkeutta vastaavan rantaviivan ja matalikkojen tarkkaa paikantamista.

Kahdelta eri ajankohtaa ja eri vedenkorkeutta (ero n. 8 cm) edustavalta Landsat-satelliitin kuvalta on tietokoneen avulla leikattu täsmälleen samaa vesialuetta vastaavat palat. Kyseessä on kanavan viisi rekisteröimä punainen sätely.

Tietokoneen avulla kuvapalasten tieto on yhdistetty ja tuotettu uusi kuva. Siinä valkoiset alueet ovat sellaisia, joilla on sama kirkkaus kummassakin kuvassa. Tällaiset alueet ovat molempien kuvien yhteisiä avovesialueita ja niitä ympäröivää kuivaa maata.

Kun yhdistelmäkuvaan joutuvat päällekkäin ylempää vedenpinnan korkeutta edustavan kuvan vesialueet ja alemmaa vedenpinnan korkeutta edustavan kuvan vesijättöranta ja matalikot, tulee yhdistelmäkuvaan tummempia kuvapistettä. Kuvapisteen ovat sitä selvempiä, mitä suurempi muutos avovedestä vesijätöksiksi tai matalikoksi on.

Kuvan avulla voidaan tunnistaa alueet, joihin vedenkorkeuden muutokset vaikuttavat eniten. Näille alueille voidaan sitten kohdistaa jatkotutkimuksia esimerkiksi rakennussuunnitelmia tehtäessä.

#### **Satelliittikuvaus — tulevaisuuden vesistötutkimusmenetelmä?**

Joskus tutkijalle saattaa olla hyväksi mennä vähän kauemmas tutkimuskohteestaan ja ottaa välimatkaa uuden näkökulman luomiseksi. Etäältä saattaa nähdä paremmin kokonaisuuden ja löytää sellaisia yhteyksiä, jotka läheltä peittyvät yksityiskohtaiden runsauteen.

Satelliittikuvat ja niiden tietokonetulkinta voivat tarjota uudenlaisen mahdollisuuden kartoitusten laadintaan, suppeiden kenttätöiden yleistämiseen sekä laajoilla alueilla tapahtuvien muutosten seurantaan.

Satelliittikuvien käyttö vesialueiden tutkimuksessa ei vielä ole valmis menetelmä, vaikka onkin juuri omiaan laajojen vesi- ja kasvillisuusalueiden kartoittamiseen. Uudet satelliitit tuonevat lähitulevaisuudessa saataville aiempaa tarkempaa aineistoa.

## **MUUTTUVA VESILAKI**

Timo Kotkasaari

**Vesivaramme ovat rajalliset. Vesiin kohdistuu monia tarpeita, jotka kilpailevat keskenään. Toisinaan jokin käyttötapa estää kokonaan muun käytön. Vesien käytön säätelämiseksi ja vesiensuojelutavoitteiden toteuttamiseksi tarvitaan lainsäädäntöä. Nykyinen vesilaki on kuitenkin monine puutteineen uudistumassa.**

Vuonna 1962 voimaa tullut vesilaki on tärkein vesien käyttöä ja suojelua koskeva säädös. Vesilain mukainen vesiensuojelu perustuu kieltoihin ja lupamenetelyyn. Lupa vesihankkeeseen on hankittava, jos se rikkoo vesistön sulkemis-, muuttamis- tai pilaamiskieltoa. Eräät hankkeet, kuten voimalaitoksen rakentaminen, vaativat aina luvan, olivat seuraukset mitkä hyvänsä.

Vesioikeudet tekevät lupapäätökset. Vesioikeuden päätökseen voi hakea muutosta joko vesiylioikeudelta tai korkeimmalta hallinto-oikeudelta. Vesioikeuksiin tulee vuosittain noin kahdeksansataa uutta hakemusta.

Vesilain noudattamista valvoo pääosin vesihallitus ja sen piiriorganisaatio. Vesilain säännösten olisi vastattava aikansa vesien käytön ja suojelun vaatimuksia. Voimassa oleva vesilaki ei ole riittävä esimerkiksi turvaamaan maamme jäljellä olevien luonnontilaisten virtaavien vesistöjen suojelua. Laaja vesilain muutoshanke onkin ollut jo pitkään valmisteilla. Uudet säännökset tulevat voimaan muuttaman vuoden sisällä.

#### **Uusi vesilaki korostaa vesiensuojelun merkitystä**

Uusi ehdotus vesilainsäädäntöä painottaa nykyistä lakia enemmän eko-

logisten arvojen merkitystä. Pilaamis- ja muuttamiskieltoisäädännökset muuttuvat niin, että kiellettyjen toimenpiteiden listaa tarkennetaan. Erityisesti kiellettyjen listalla on vesiluonnon vahingollinen muuttaminen, vesistöön liittyvien ympäristöarvojen vähentäminen, vedenhankinnan ja virkistyskäytön hankaloittaminen ja terveydellisen vaaran aiheuttaminen.

#### **Virkistyskäyttö erityissuojeluun**

Jotta jokamiehen virkistyskäyttöä voitaisiin ottaa paremmin huomioon, on lakia ehdotettu muutettavaksi siten, että järvenlaskuhanketta ei saisi toteuttaa silloin, kun järvi on luonnonsuojelullisesti arvokas. Kookkaita ja tärkeitä järviä ei myöskään saisi kuivata. Ehtoja myös järvien osittaisellekin kuivaamiselle ehdotetaan siten kiristettäväksi.

#### **Kalanhoitovelvoitteet uusiksi**

Ehdotuksessa uudeksi vesilainsäädäntöä koskevat vesilain säännökset ehdotetaan uusittaviksi. Vesioikeudellisen luvan saaja, esimerkiksi voimayhtiö, veloitetaan usein eliminoinaan tai vähentämään kalastukselle aiheutuvia menetyksiä kalanpoikasistutuksen tai muin toimenpitein.

Nämä toimenpiteet, joista esimerkiksi mainittakoon monet

kalatieratkaisut, ovat usein epäonnistuneet. Lakiehdotuksessa tartutaankin myös vanhoihin kalanhoitovelvoitteisiin. Jos olot ovat muuttuneet, velvoitteita voitaisiin tarkistaa siitäkin huolimatta, että aiemmin annettu päätös on ollut "lopullinen".

### Vesiasioiden hoito nopeutuu

Vesiasioiden käsittely on ollut hidasta ja mutkikasta. Lakiehdotuksessa asioiden käsittelyä ehdotetaan yksinkertaistettavaksi siten, että vesioikeuden päätöksestä valitettaisiin aina vesiylöikeuteen.

Jätevesiasioissa lupamenettelyn joustavuutta lisättäisiin uuden lainsäädännön mukaan siten, että annettavaan jätevesilupapäätökseen tulisi tarkistusvelvoite. Vesiensuojelun kannalta keskeiset lupaehdot olisi saatettava määrääjän kuluttua luvan voimassa olosta vesioikeuden käsiteltäväksi. Koko lupa-asiaa ei siten tarvitsisi käsitellä uudelleen, mutta vesiensuojelullisesti tärkeät kysymykset tulisivat määrääjain uudelleen harkittaviksi.

Myös kansalaisten osallistumismahdollisuuksia omaa elinympäristöään koskevilla hankkeissa ehdotetaan lisättäväksi. Jos vesihanke on laaja, voisi sen vaikutuspiirissä oleva väestö esittää mielipiteensä katselmustoimituksessa ja myöhemmin vesioikeudessa. Tämä muutos koskisi sekä yksityisiä henkilöitä että heitä edustavia yhteisöjä.

### Luonnontalouden asiantunte-musta vesioikeuksiin

Vesituomioistuinten kokoonpanossa on huomioitava vesiasioiden käsittelyssä tarvittava erityisasiantuntemus. Vesioikeudessa on tällä hetkellä lakimiehiä ja insinöörejä. Heidän lisäksi ehdotetaan vesioikeuden jäseniksi vesioikeuslimnologeja, joiden pätevyysvaatimuksena olisi ylempi korkeakoulututkinto biologisissa aineissa, kalataloustieteessä tai muu virkaan sopiva ylempi korkeakoulututkinto. Lisäksi heiltä edellytetään perehtyneisyyttä vesien luonnontalouteen ja kalatalouteen sekä koke-musta vesilain alaan kuuluvissa tehtävissä. ■

## MITEN SUJUUKATSELMUSTOIMITUS?

Timo Mäkelä

Katselmustoimitus on osa vesioikeudellisesta lupakäsittelystä. Siinä arvioidaan vesihankkeen vaikutukset ja vahingot.

### Katselmustoimitus — käsitte-lyn julkisivu

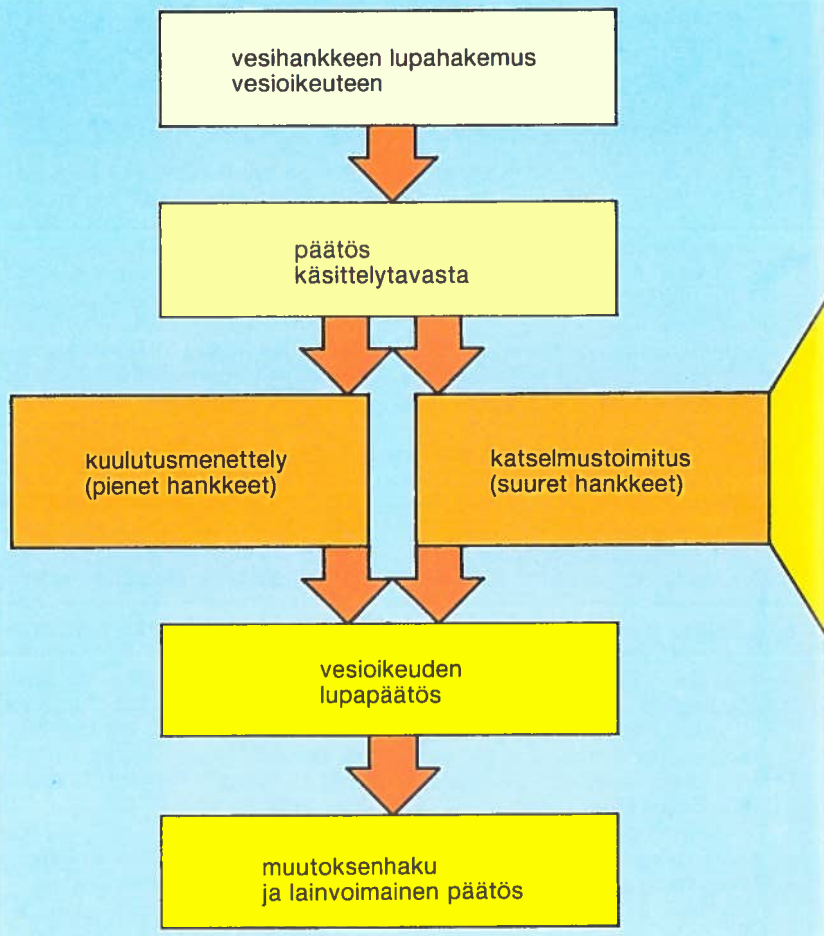
Katselmustoimitus on muusta vesioikeuskäsittelystä erillään

oleva selvittelyvaihe lupahakemuksen ratkaisun pohjaksi. Toimituksen suorittaa vesihallinnon määräämä toimitusinsinööri ja kaksi uskottua miestä. Toimitukseen voi lisäksi ottaa osaa asiantuntijoita, mm. biologeja, limnologeja, kemistejä ja geologeja.

Katselmustoimituksessa paikakuntalaisia kuunnellaan ja asiasta tiedotetaan. Vesihankkeen suunnitelma tarkastetaan joka puolelta ja tutkitaan edellytykset myöntää lupa hankkeelle. Hankkeen ympäristövaikutukset, aiheutuvat vahingot sekä tarvittavat toimenpiteet haittojen estämiseksi arvioidaan. Korvausten määrä lasketaan. Lopuksi laaditaan ehdotus lupaehdoiksi.

### Oikeusturvaa ajan kustannuksella

Merkittävien vesioikeudellisten lupahakemusten oikeuskäsittelyn kesto aika on viimeisten 15





vuoden aikana ollut keskimäärin 5—6 vuotta. Mikäli päätöksestä valitetaan, vierähtää vielä vuosi. Vahingonkorvausten saajat joutuvat siten odottamaan normaalistikin vajaat 10 vuotta.

Sytä vesiasioiden oikeuskäsitteilyn viipymiseen on monia. Asiat ovat laajoja. Usein mukana on tuhansia asianosaisia. Eturistiriidat ovat jyrkkiä ja selvitykset monimutkaisia. Syystä tai toisesta oikeuskäsittelyyn tulevat asiakirjat ovat puutteellisia ja vaativat aikaa vieviä lisäselvityksiä. Lisäksi vesihankkeiden yhteiskunnallinen ja taloudellinen merkitys on suuri, jolloin oikeusturva niin yhteiskunnan kuin yksilönkin kannalta on täytynyt järjestää hyvin. Käsittelyn monimutkaisuus on kuitenkin osittain kääntynyt alkuperäistä oikeusturvaa puoltavaa tarkoitusta vastaan, sillä oikeusturvan saaminen vie joskus kohtuuttoman pitkän ajan. ■

## KATSELMUS TOIMITUS

### alkukokous

alkukokouksessa hanketta esitellään ja paikkakuntalaisia kuullaan asiassa

### katselmuskirja

selvittely- ja tutkimisvaiheen jälkeen tulokset ja ehdotukset kootaan katselmuskirjaan

### katselmuskokous

nähtävänäpidon jälkeen katselmuskirjaa on mahdollista moittia yleisessä kokouksessa paikkakunnalla

### toimitusmiesten lausunto

toimitusmiehistö ottaa lopuksi yhdessä kantaa hankkeeseen ja toteuttamiseen

# VESIHALLINTO UUDISTUU 1986

Pauli Kleemola

**Vesihallitus siirtyy 1. lokakuuta 1986 maa- ja metsätalousministeriön alaisuudesta ympäristöministeriön alaisuuteen. Nimikin muuttuu vesi- ja ympäristöhallitukseksi ja keskusviraston alaiset piirit vesi- ja ympäristöpiireiksi.**

## Uudet tarpeet — uusi hallinto

Vesiasioiden hallinnolla ja lainsäädännöllä on pitkät perinteet, ovathan vesistömme aina olleet tärkeitä elinkeinotoimintojen, liikenteen, asumisen ja vapaa-ajan vieton kannalta. Hallinto on kuitenkin muuttunut usein. Muutokset kuvastavat vesistöihin liittyvien arvostusten muuttumista.

1960-luvulle asti vesiasioiden hallinnon tärkein tehtävä oli edistää vesivarojen taloudellista hyväksikäyttöä. Toinen tärkeä tehtävä oli tulvahaittojen poistaminen ja maatalousmaan kuivattaminen. Näitä tehtäviä hoitivat useat eri viranomaiset.

1970-luvulle tultaessa olivat vesistöihin kohdistuvat tarpeet muuttuneet. Vuonna 1970 perustetun vesihallituksen tuli perinteisten tehtäviensä lisäksi huolehtia myös vesiensuojelusta. Sen tuli myös edistää vesien virkistyskäyttöä ja kehittää vedenhankintaa ja viemärintiä. Laki edellytti myös kokonaisvaltaista suunnittelua, tutkimusta ja valvontaa.

Vesihallituksen ja sen alaisen piirihallinnon tehtävät ovat laajentuneet. Uudet tehtävät liittyvät mm. öljyvahinkojen torjuntaan ja patoturvallisuuteen. Vesihallintoa käytetään yhä enemmän asiantuntijaviranomaisena ja monipuolisiin vesirakennustöihin erikoistuneena työvirastona.

## Vesi- ja ympäristöhallitus 1.10.1986

Vesi- ja ympäristöhallinnon tehtävänä on hoitaa vesihallinnolle kuuluneet tehtävät lukuunottamatta vesivoiman käytön edistämistä. Tämän lisäksi vesi- ja ympäristöhallinto huolehtii eräistä jätehuoltoon ja ympäristöntutkimukseen liittyvistä uusista tehtävistä.

Maa- ja metsätalousministeriö johtaa edelleen tulvasuojelua, maankuivatusta sekä vedenhankintaa ja viemärintiä koskevien tehtävien hoitoa.

## Tehtäviä siirretään piirihallintoon

Hallintoa uudistettaessa tehtäviä ja toimivaltaa siirretään keskusvirastosta piirihallintoon. Yhteiskuntapoliittisesti merkittävät asiat siirretään ministeriöiden käsiteltäviksi. Näin keskusvirastosta tulee entistä enemmän asiantuntijavirasto, jonka tehtävistä korostuvat tutkimus, kehittäminen, tietojärjestelmien ylläpito, seuranta sekä ohjaus ja koordinointi.

Kunnissa on vesiasioiden hoitoa varten vesilautakunta. Sen tehtävät siirtyvät vuonna 1986 perustettaville ympäristönsuojelulautakunnille. Kuntien osuus vesiasioiden hallinnossa lisääntyy. ■

# ASIAHAKEMISTO

ainetase .....	74	— kloorihillivedyt .....	66	vaelluskalat .....	32
alusvesi .....	21	kloroformi .....	65, 66	valuma-alue .....	20, 72
bakteerit .....	22, 50, 52	kuivattaminen .....	16, 77, 79	valunta .....	17
biologinen puhdistus .....	66	kuluttajat .....	22, 23	veden	
dipoli .....	10, 13	kumpuaminen .....	43	— jäätymispiste .....	11
eläinplankton .....	23	kuormitus .....	43	— kiertokulku .....	17
fosfori		— haja-asutuksen .....	69	— laatuluoitus .....	49
— Itämeressä .....	41	— happo- .....	72	— lämpökapasiteetti .....	13
— jätevesissä .....	66, 69	— maatalouden .....	69	— ominaislämpö .....	12
— sedimentissä .....	25	— metsäteollisuuden .....	47, 69	— pintajännitys .....	13
— vesistöissä .....	70, 74	— teollisuuden .....	68	— sähköjohtavuus .....	12, 13
haihdunta .....	17	— yhdyskuntien .....	67	— tiheys .....	13
hajakuormitus .....	69, 71	käyttökelpoisuusluokitus .....	48	vedenhankinta .....	16
hajottajat .....	23, 71	lieju .....	22, 24	vedenlaatumalli .....	74
hajotus .....	23, 72	ligniini .....	65	velvoitetarkkailu .....	49
happamoituminen .....	72	limottuminen .....	27, 70	veneily .....	55
— vaikutukset .....	72	lustolieju .....	24	vesi	
happamuusaste .....	72	maankohoaminen .....	40, 76	— juomavesi .....	50
happi .....	11, 13	maavesi .....	16	— kaivovesi .....	50
happivarat .....	65, 71	majava .....	38	— suolainen .....	18
happimalli .....	74	mannerjää .....	11, 40	— suolaton .....	18
humus .....	15, 20, 48, 50	merikalat .....	30	— talousvesi .....	50
Itämeri .....	40	murtovesi .....	41	vesiensuojelu	
— happitasapaino .....	41	norppa .....	36	— maatalouden .....	69
— kerroksellisuus .....	41	perustuotanto .....	21, 70	— metsäteollisuuden .....	68
— keskisyvyys .....	43	pH-luku .....	72	— virtaavien vesien .....	47
— pilaantuminen .....	41	pintavesi .....	16, 50, 56	— yhdyskuntien .....	67
— pinta-ala .....	40	pistekuormitus .....	71	vesiekosysteemi .....	20
— ravinteisuus .....	41	plankton .....	21, 22, 23, 25, 70	vesihallitus .....	48, 77, 79
— vesitase .....	41	pohjaeläimet .....	22	vesihöyry .....	12
— virtaukset .....	42	pohjalevät .....	21	vesi- ja ympäristöhallitus .....	79
joki .....	23, 45, 48	pohjalieju .....	24	vesikasvit .....	27
juomavesi .....	50	pohjavesi .....	14, 16, 50, 56, 69	vesikehä .....	18, 19
järviprosentti .....	62	punainen vesi .....	22	vesikirppu .....	24, 27
järvet, Suomen		päälylslevät .....	21, 27	vesilaitokset .....	50
— kehittyminen .....	25	päälyysvesi .....	21	vesilaki .....	59, 77
— kerrostuneisuus .....	21	raakavesi .....	50, 54	vesilinnut .....	23, 28
— keskisyvyys .....	14	raikasammalet .....	72	vesimaisema .....	57, 69
— lukumäärä .....	14	rantavyöhyke .....	20, 22, 23, 26	vesimolekyylillä .....	10
— pinta-ala .....	14	raskasvesi .....	10	vesinisäkkäät .....	22
— tilavuus .....	14	ravinteet .....	23, 26, 41	vesioikeus .....	77
— veden kierto .....	21	ravinnekuormitus .....	41	vesioikeuslaki .....	59
järviruoko .....	26, 28	ravintoverkko .....	22	vesirakentaminen .....	47, 69
jääkausi .....	14, 25, 30, 37, 40, 45	rehevyyt .....	74	vesistöt	
jätevedet		rehevoityminen .....	69, 70	— Suomen .....	14
— haja-asutuksen .....	69	— vaikutukset .....	32, 48, 72	vesistöjen	
— kaatopaikkojen .....	68	rikkiyhdisteet .....	52	— happivarat .....	65
— kalankasvatuksen .....	69	sadanta .....	17, 62	— järvisyys .....	62
— lomailijan .....	48, 56	saimaanhylyje .....	36, 37	— kunnostaminen .....	57
— metsäteollisuuden .....	64	sedimentti .....	24	— käyttökelpoisuusluokitus .....	48
— teollisuuden .....	68	sienet .....	22, 72	— virkistyskäyttö .....	54
— yhdyskuntien .....	67	sinilevämyrkyt .....	53	vesistötutkimus .....	48, 74, 76
kaivovesi .....	50	sinilevät .....	52	vesitie .....	15
kalakanta .....	33	sisävesikalat .....	31	vesitutkimus .....	7, 19
kalakantamalli .....	33, 35	sulamisvedet .....	63	vesivarat	
kalalajit .....	30, 31, 32	suurvesikasvit .....	20, 27, 71	— Suomen .....	14
kalansaalis .....	16, 30	säännöstely .....	59	— maapallon .....	18
kalantuotanto .....	26, 33	— vaikutukset .....	38, 69	vesivoima .....	15, 46
kalasto, Suomen		talousvesi .....	50	vesiyliöikeus .....	78
— kehittyminen .....	30	terveyslähteet, lähdevesi .....	8	vetysillat, -sidos .....	10, 13
— muutokset .....	32, 72	tulva .....	60, 63	viemäriverkosto .....	50, 70
kalastus .....	16, 30, 33	tulvaennuste .....	64	— viemärointi .....	79
kasteluvesi .....	17, 59	tulvahaitat .....	79	virkistyskäyttö .....	17, 54, 77
kasviplankton .....	26, 74	typpi .....	13	virtaama .....	14
katselmustoimitus .....	78	— jätevesissä .....	66	virtaavat vedet .....	23
kaukokulkeutuminen .....	72	— sedimentissä .....	25	ylirehevä vesistö .....	52
kerrostuneisuus .....	21	— vesistöissä .....	70	ympäristömyrkyt .....	38, 41, 50, 66
— lämpötila .....	21	täyskierto .....	21	öljy	
— suolaisuus .....	41	uinti .....	55	— kuljetukset .....	40, 51
kloori .....	50	uitto .....	15, 47	— onnettomuudet .....	40, 51
— kloorifenolit .....	50, 65, 66	ulappavesi .....	20, 21, 22		



# AQUA 86-KIRJAN KIRJOITTAJAT:

**Helle, Eero.** dos., Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos, Riistantutkimusosasto. Tutkii etupäässä nisäkkäiden, etenkin hylkeiden ja jänisläinten ekologiaa.

**Hildén, Mikael.** MMK. Tutkii kalakantamalleja ja työskentelee Suffolkissa, Englannissa sijaitsevassa tutkimuslaitoksessa (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Fisheries Laboratory).

**Heinonen, Pertti.** MMT, dos., Työskentelee vesihallituksen Vesientutkimuslaitoksessa tutkimuksen kohteena mm. biologiset vesitutkimusmenetelmät, vesien rehevöityminen ja tutkimustulosten hyödyntämisen kehittäminen.

**Jaatinen, Simo.** Vesihallituksen pääjohtaja.

**Jänne, Juhani.** Apul. prof., Helsingin yliopiston biokemian laitos.

**Kaikusalo, Asko.** Metsäntutkimuslaitos, Ojajoen koeasema.

**Kairesalo, Timo.** Dos., Helsingin yliopiston limnologian laitos ja Lammin biologinen asema. Tutkii litoraalien dynamiikkaa ja aineenvaihduntaa erityyppisissä järvissä.

**Karimo, Kimmo.** Osastopäällikkönä vesihallituksen vesiensuojelu- ja vesihuolto-osastolla.

**Keskinen, Raimo.** Dos., Helsingin yliopiston teoreettisen fysiikan laitos. Opettaa klassista mekaniikkaa ja hydrodynamiikkaa, tutkimuskohdet: teoreettinen mekaniikka, verenkierron dynamiikka ja matemaattinen biofysiikka.

**Kinnunen, Kari.** MMT, sovelletun limnologian dosentti Helsingin yliopistossa. Työskentelee Lapin vesipiirin vesitoimistossa.

**Kivekäs, Lasse K.** DI, vesihallitus. Vesistöjen säännöstelyn erikoisopettaja Helsingin teknillisessä korkeakoulussa.

**Kleemola, Pauli.** DI, vesihallitus. Toiminnan ja talouden suunnittelu ja kehittäminen.

**Koli, Lauri.** Eläintieteen dosentti, Helsingin yliopiston eläinmuseo. Tutkimuskohteina kalojen taksonomia, faunistiikka, ahvenen biologia ja vesinilviäiset.

**Kotkasaari, Timo.** OTK, työskentelee Oikeusministeriön lainvalmisteluosastolla.

**Kuusisto, Esko.** FT, työskentelee vesihallituksen hydrologian toimistossa.

**Kylä-Harakka-Ruonala, Teller-vo.** MML, työskentelee vesihallituksessa alueenaan teollisuuden vesiensuojelu sekä suunnittelu- ja valvontatehtävät.

**Lehtonen, Hannu.** FT, dos. Työskentelee Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen kalantutkimusosastolla tutkimuskohteenaan rannikon sisävesikalakantojen tilan arviointi ja seuranta sekä virkistys ja kotitarvekalastustutkimukset.

**Leikola, Anto.** Dos., Helsingin yliopisto. Tutkimuksen kohteena Helsingin yliopiston historiaprojekti.

**Lemmelä, Risto.** Yli-insinöörinä vesihallituksen hydrologian toimistossa.

**Lindholm, Tore.** FD, Institutionen för biologi, Åbo Akademi.

**Mäkelä, Timo.** DI, työskentelee suunnittelijana Ympäristöministeriössä.

**Mäikki, Pentti.** FT, Merentutkimuslaitoksen fysiikan osaston osastojohdaja.

**Paasivirta, Jaakko.** Prof., Jyväskylän yliopisto. Tutkimuksen kohteena orgaaninen kemia, spektroskopia ja ympäristömyrkyt.

**Persson, Per-Edvin.** MMT, dos., Helsingin yliopiston limnologian laitos.

**Raitala, Jouko.** FT, Oulun yliopisto, tähtitieteen laitos. Tutkimuksen kohteita: Kuun tektoniikka, Marsin tektoniikka, vesialueiden digitaalinen kaukokartoitus, mare ridge -muodostumat.

**Santala, Erkki.** DI, vesihallitus, vesistöjen virkistyskäyttö.

**Sarvala, Jouko.** FT, apul.prof., Turun yliopiston biologian laitos. Tutkimuksen kohteina vesiekosysteemin toiminnan säätely ja pienäyriäisten ekologia.

**Seppänen, Harri.** MMT, vt. prof. Helsingin yliopiston limnologian laitos. Tutkimuksen kohteena vesimikrobiologia.

**Sevola, Pertti.** FT, ylitarkastaja Vaasan vesipiirin vesitoimistossa.

**Siirala, Maisa.** Arkkitehti, työskentelee vesihallituksen vesistöosastolla.

**Simola, Heikki.** FT, Joensuun yliopiston Karjalan tutkimuslaitos. Tutkimuskohteena paleoekologia.

**Sivonen, Kaarina.** MMK, työskentelee Helsingin yliopiston mikrobiologian laitoksella.

**Spring, Erik.** prof., Helsingin yliopiston fysiikan laitos.

**Toivonen, Heikki.** FT, Helsingin yliopiston kasvitieteen laitos.

**Uotila, Pertti.** Kasvitieteen dos., Helsingin yliopisto ja kasvimuseo.

**Weppling, Kjell.** FM, työskentelee Oy Partek Ab:n mineraalilyksikössä. Työn kohteena kalkkituotteiden käyttö ympäristönsuojelussa, happamoitumisen vaikutukset ja torjuntakeinot.

**Voipio, Aarno.** Prof., Merentutkimuslaitoksen ylijohtaja.

**Vuoristo, Heidi.** MMM. Työskentelee vesihallituksessa työn kohteena vesistöjen velvoitetarkkailu ja vesien tilan seuranta.

## Vesitutkimus Turun vanhasa akatemiassa

**Lehtinen, E.** 1979. Hyödyn ja valituksen ajan akatemia. Suomen Kulttuurihistoria I. Porvoo.

**Leikola, A.** 1984. Johan Julin, luonnontutkija kustavilaisessa Oulussa. Teoksessa Aika biologiassa. Juva.

## Happamoituminen

**Aniansson, B. (toim.).** 1982. Försurning idag och imorgon. — Jordbruksdepartementet, kommittén Miljö '82. Tukholma.

Luonnon Tutkija 1/1982. Teemanumero happamoitumisesta.

## Itämeri

- **Melvasalo, T., J. Pawlak, K. Grasshoff, L. Thorell & A. Tsiban.** 1983. Assessment of the effects of pollution on the natural resources of the Baltic Sea. Baltic Sea environment proceedings 5 B. Valtion painatuskeskus. Helsinki.

- **Voipio, A.** 1981. The Baltic Sea. Elsevier, Amsterdam.

- **Grönvall, H. & Korhonen O.** 1983. Meritiede. Otava.

- **Voipio, A. & M. Leinonen (toim.).** 1984. Itämeri. Kirjayhtymä.

- **Fonselius, S.,** 1974. Oceanografi. Generalstabens litografiska anstalt, Stockholm.

## Vesistöt ekosysteeminä ja vesiluonto

- **Suomen luonto. Osa 4. Vedet. (toim. Jouko Meriläinen).** Kirjayhtymä. Helsinki, 1981.

- **Wetzel, R. Y.** 1975. Limnology. W.B. Saunders Company. Philadelphia.

- **Lindholm, T.** 1982. Hypersnabb Östersjöbubbla bode växt och djur. Forskning och Framsteg. 2/1982.

- **Ruuhijärvi, R. & Häyrynen, U.** 1984. Ympäristönsuojelu, Osa 2. Luonnon-suojelu ja luonnonvarat. Kirjayhtymä, Helsinki

## Paleolimnologia

- **Simola, H.** 1984. Piilevien lajit ja yhteisöt ympäristön ilmentäjinä. Luonnon tutkija 88:85—87.

- **Simola, H.** 1984: Paleolimnologi lehtelee liejuista luonnonkirjaa. Suomen Luonto 3:16—17.

## Saimaanhylje

- **Becker, P. (toim.).** 1984. Saimaanhylje. Suomen Luonnonsuojelun Tuki Oy. Helsinki.

- **Helle, E.** 1983. Hylkeiden elämää. Kirjayhtymä, Helsinki.

## Vesistöjen säännöstely

- **Kivekäs, L.K.** 1985. Vesistöjen säännöstely — yleiset perusteet ja tekniikka. Teknillinen korkeakoulu.

## Vesistöjen laadun ennustaminen

- **Eloranta, J., Frisk, T., K. Kinnunen, Kylä-Harakka, T., Niemi J., Rautalahti-Miettinen, E., Sarkkula, J. & Virtanen, M.** 1981. Vesistöjen tilan ennustemallien soveltamisselvitys. Teollisuuden jätevesiprojekti. SITRA/TESI. Helsinki

- **Nyroos, H. (toim.).** 1978. Vesistömallit ja niiden soveltaminen käytäntöön. Vesi- ja Kalatalousmiehet ry. Helsinki.

## Juomaveden laatu

- **Lääkintöhallitus** 1980. Talousveden terveydellisen laadun valvonta. Yleiskirje no. 1701. Helsinki.

## Klooriyhdisteet

- **Paasivirta, J.** 1985. Ympäristömyrkyt Suomen vesistöissä. LVI-lehti 6:24—27.

- **Paasivirta, J., Tummuvuori, J., Kuusela, P., Sinkkonen, J., Surma-Aho, K., Vihonen, H., Tarhanen, J. & Pauku, R.** 1984. Ympäristömyrkköjen leviäminen ilman kautta: lumilaskeumat. Ympäristö ja Terveys No.15.

## Vesimaisema

- **Simonds, J.O.** 1961. Landscape Architecture. New York.

- **Lynch, K.** 1966. The Image of the City. MIT Press Cambridge Massachusetts.

- **Vesihallitus,** 1972. Vesimaisema ja sen hoito. Vesihallituksen julkaisuja no. 2, Helsinki.

- **Ympäristöministeriö,** 1984. Vesielémentti kaupunkiympäristössä, esitutkimus. Kaavoitus- ja rakennusosasto. Valtion painatuskeskus. Helsinki.

- **Suomen Kaupunkiliitto,** 1985. Kaupunkiympäristön parantaminen. Kaupunkiliiton julkaisu C 93.

## Järviruoko

- **Björk, S. & Graneli, W.** 1978. Energivass. Rapport 1. Limnologiska institutionen, Lund.

- **Isotalo, I., P. Kauppi, T. Ojanen, P. Puttonen & H. Toivonen.** 1981. Järviruoko energiakasvina. Tuotosarvio, tekniset mahdollisuudet ja ympäristönsuojelu. Vesihallitus. Tiedotus 210.

## Vesistöt kulttuuriympäristönä

- **Ahvenainen, J., E. Pihkala & V. Rasila.** 1982. Suomen taloushistoria 2, Teollistuva Suomi. Helsinki.

- **Jutikkala, E., Y. Kaukkalainen & S.E. Ström (toim.).** Suomen taloushistoria I, Agraarinen Suomi. Helsinki. 1980.

- **Vilkuna, K.** 1974. Lohi. Kemijoen ja sen lähialueen lohenkalastuksen historia. Keuruu.

- **Vuorela, T.** 1977. Suomalainen kansankulttuuri. Porvoo.

## Vesistöt satelliitista

- **Punkari, M. (toim.).** 1984. Suomi avaruudesta. URSA ry:n julkaisuja 24. Helsinki.

## Suomen kalasto

- **Koli, L.** 1979. Kalastomme viimeaikaisista muutoksista. Kalatalousvaihintojen arviointi, kompensointi ja korvaus. Helsinki.

- **Koli, L.** 1984. Suomen kalasto ja sen kehitys. Suomen eläimet, Osa 3. Espoo.

## Kalakantamallit

- **Parmanne, R. & V. Sjöblom.** 1983. Silakkakantojen tila Suomen rannikolla 1973—82. Suomen kalatalous No 51:41-48.

- **Valkeajärvi, P.** 1983. Muikun saalisvarat ja kannanarviot Konnevedessä. Suomen Kalastuslehti 90. vsk. No 8:219-223.

## Vesihallinto

- **Vesihallitus.** 1980. Vesihallinto 1970-80. Valtion painatuskeskus, Helsinki.

- **Vesihallitus** 1985. Vesihallinnon toiminta vuonna 1984. Vesihallituksen julkaisuja 50.

## Vesilaki

- **Kotkasaari, T.** 1984. Vesilainsäädännön perusteita. Ammattikasvatushallitus. Valtion painatuskeskus. Helsinki.

- **Pietilä, J.** 1979. Vesioikeus. Suomen Lakimiesliiton Kustannus Oy. Vammala.

## Vesistöjen laatu

- **Vesihallitus** 1984. Vesistöjen tila 1980-luvun alussa. Vesihallituksen moniste 194.





Kunnes happokuormitus saadaan kuriin...

## VESISTÖJEN KALKITUS

on turvallisin, tehokkain ja taloudellisin menetelmä happamoituneiden vesistöjen kunnostamiseksi



on koonnut tuoreimman kansainvälisen osaamisen vesistökalkituksen alalta

Tähdennämme ettei kalkitustulos saa olla sattuman varassa — hyvää, turvallista ja taloudellista tulosta ei saada summittaisella kalkin levittämisellä!

Me tarjoudumme huolehtimaan kalkitusprojektin kaikista vaiheista:

- esitutkimuksesta (vesikemia, biologia)
- projektisuunnittelusta (mm. tätä varten laaditun tietokoneohjelman avulla)
- kalkkituotteiden toimituksesta
- levityspalvelusta
- tulosten seurannasta

Annamme takuun lupaamallemme kalkitustulokselle!

Ota yhteys!

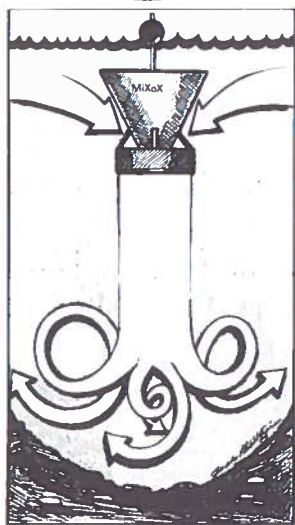


Mineraaliyksikkö  
21600 Parainen  
puh. (921) 742 111

## EDISTYKSELLISTÄ VESIENSUOJELUA



### MIXOX HAPETUSMENETELMÄ



- Johtaa happirikasta päällysvettä pohjaväyhykkeelle ja turvaa näin alusveden ja pohjamikrobien hapensaannin.
- Ylläpitää järven aineidenvaihtoa edistäviä virtailuja.
- Elvyttää näin luonnon omat puhdistusmekanismit ja lisää myös järven kuormitussietoa.
- Menetelmällä on korkea vaikutus/hinta-suhde.



**VESI-EKO** KY

LIMNOLOGI- JA INSINÖÖRITOIMISTO

Niiralankatu 13, 70600 KUOPIO,  
puh. 971-223 400





### Kuusijärvi

Vantaan kaupungin pinta-alasta vain 2 km<sup>2</sup> — alle prosentti — on vettä. Kaupunki on kunnostanut vähäiset vesialueensa kaupunkilaistensa iloksi.



VANTAA KAUPUNKI

## KALKKI

### PUHTAAMMAN HUOMISEN PUOLESTA

Mikäpä kalkin korvaksi!

Suomessa louhittu ja valmistettu Louhen kalkki on monessa käytössä etunsa näyttänyt.

...ja kalkki on huolenpitoa huomisesta: paremmasta elinympäristöstä.

Kalkin käyttö luonnon saastumista vastaan:

- happamoituneet vesistöt
- jätevedet
- jätevesilietteet
- käyttövesi
- savukaasut
- maaperä (peltojen ja metsien kalkitus)



### RUSKEALAN MARMORI OY

Louhen kalkkitehdas Puhelin (957) 254 151  
57100 SAVONLINNA Telex 5621 MAR sf  
Telefax (957) 254229

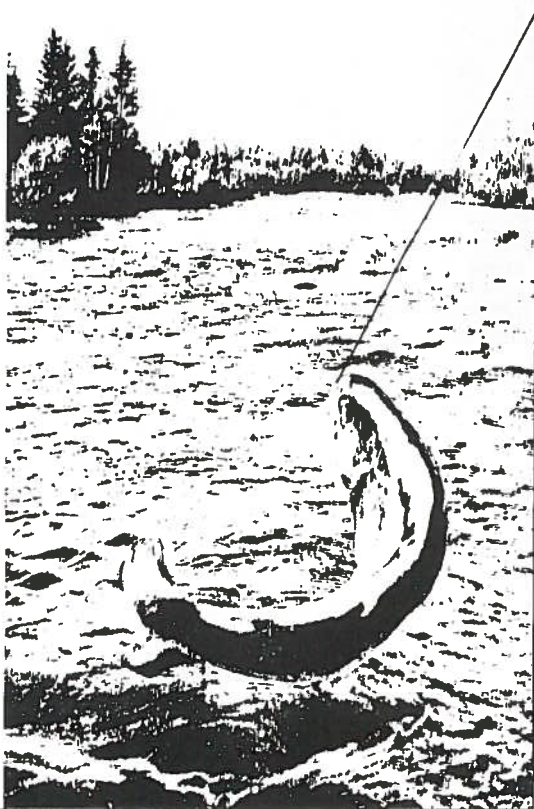
## SUOMEN PUHTAIDEN VESIEN KALAA

Kalanviljelijä kasvattaa

- edullista ja terveellistä kirjolohta ja muuta ruokakalaa jokaiselle
- lohi-, siika-, taimen ja muita istukkaita virkistys- ja ammattikalastajille



Suomen Lohenkasvattajain Liitto r.y.  
Cygnaeuksenkatu 5 A 3  
40100 Jyväskylä  
Puh. (941) 218 222



# Maakaasu luonnonkaasu

puhtaasti jo kustannussyistä.



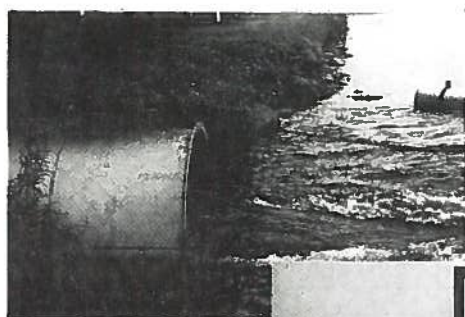
Pienet pääomakustannukset. Kohtuulliset polttoainekustannukset. Ylivoimainen hyötysuhde. Helppokäyttöinen. Huoltotarve minimaalinen.

**NESTE**  
Maakaasu - luonnonkaasu

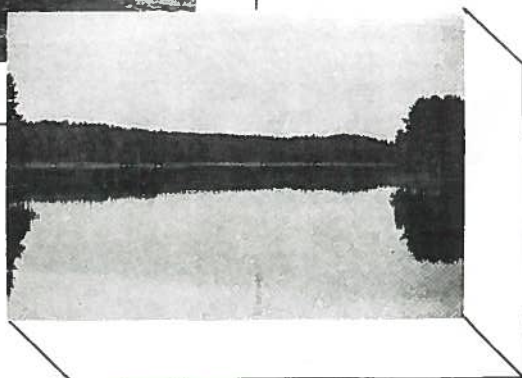
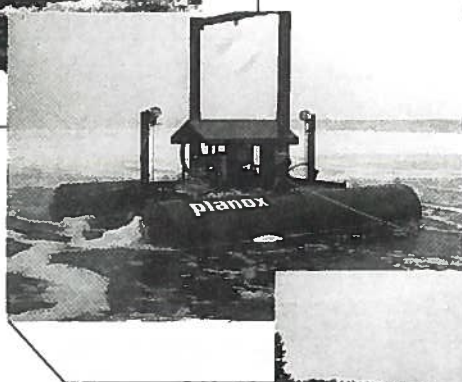


# planox<sup>®</sup>

## hapensiirtojärjestelmä



- Ilmastusaltaisiin
- Lammikoihin
- Tekojärviin
- Luonnonvesiin



### PLAN-SELL OY

Mannerheimintie 25 A 29  
PL 149  
00251 **Helsinki**  
p. (90) 441 244  
Tapani Hiisvirta

Kirkkokatu 13  
PL 24  
18101 **Heinola**  
p. (910) 56 444  
Onni Juvonen

Insinööritoimisto



Olemme mukana Vantaan  
kalaporrassuunnittelussa  
ja monessa muussa.

Toimistomme: Rasinkatu 10, 01300 Vantaa  
Rantakatu 1 A, 80100 Joensuu  
Laamanninkatu 36, 28120 Pori  
Kauppakatu 9 C 22, 87100 Kajaani

# VIISASTU VEDESTÄ.

Tietoa hauskesti ja havainnollisesti  
vedestä ja luonnosta.  
Koko perheen näyttely, lapsille oma  
peuhapaikka ja PALLOMERI.

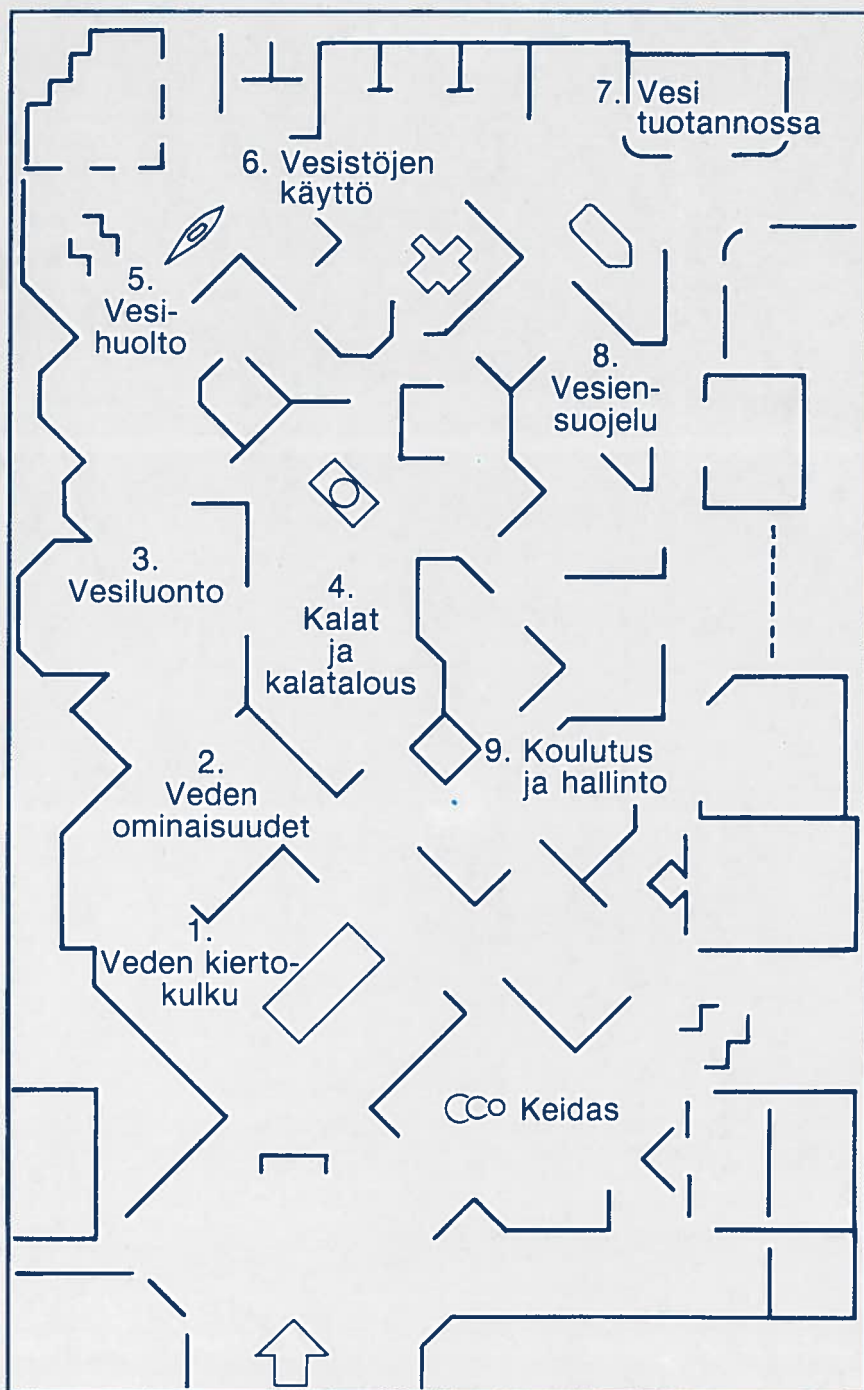


**AQUA 86**

Jännittävä yleisönäyttely 23.5.–1.6.1986 Messukeskuksessa.







**AQUA 86**  
ASTU VEDEN  
MAAILMAAN



**AQUA 86**

VESIALAN YLEISÖNÄYTTELY  
VATTNET I BLICKPUNKTEN

HELSINKI 23.5.—1.6.1986